

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

BORANG PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR PENYELIDIKAN

TAJUK PROJEK :

MEMBINA SEBUAH SPEKTROMETER RESONANS

MAGNET NUKLEUS (NMR) 5 MHz

ROSLINDA ZAINAL

Saya

(HURUF BESAR)

Mengaku membenarkan Laporan Akhir Penyelidikan ini disimpan di Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut :

1. Laporan Akhir Penyelidikan ini adalah hakmilik Universiti Teknologi Malaysia.
2. Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dibenarkan membuat salinan untuk tujuan rujukan sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat penjualan salinan Laporan Akhir Penyelidikan ini bagi kategori TIDAK TERHAD.
4. * Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau Kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972).

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh Organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan).

TIDAK
TERHAD

R. L. Zainal
TANDATANGAN KEPUA PENYELIDIK

ROSLINDA BTE ZAINAL
Pegawai
Jabatan PFI, PFI & PFI
UTM Skudai

Nama & Cop Ketua Penyelidik

Tarikh : *Disember 03*

CATATAN : * Jika Laporan Akhir Penyelidikan ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh laporan ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

VOT 71800

**MEMBINA SEBUAH SPEKTROMETER RESONANS MAGNET
NUKLEUS (NMR) 5 MHz**

**ROSLINDA ZAINAL
YAACOB MAT DAUD
TAN ENG SAME**

**NO.VOT PENYELIDIKAN
71800**

**Jabatan Fizik
Fakulti Sains
Universiti Teknologi Malaysia**

2003

PENGHARGAAN

Bersyukur kehadiran Ilahi dengan limpah rahmat dan kurniaNya serta selawat buat junjungan Besar Nabi Muhammad S.A.W, keluarga dan para sahabatnya.

Syukur Alhamdulillah dengan izinNya projek ini “ Membina Sebuah Spektrometer Resonans Magnet Nukleus (NMR) 5 MHz ” dapat disiapkan. Para penyelidik projek ini ingin merakamkan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat, terutamanya Pusat Pengurusan Penyelidikan (RMC), UTM di atas geran penyelidikan melalui vot 71800.

Tidak lupa juga kepada semua pembantu makmal Jabatan Fizik, Fakulti Sains UTM yang sentiasa menghulurkan bantuan dan kerjasama yang tidak terhingga.

ABSTRAK

Projek ini bertujuan membina sebuah spektrometer resonans magnetik nukleus (Spektrometer RMN) atau *nuclear magnetic resonance spectrometer (NMR Spectrometer)*. Kebanyakan konsep elektronik telah diaplikasikan dalam projek ini. Spektrometer NMR ini beroperasi dalam frekuensi 5MHz dengan menggunakan satu pengayun kristal. Spektrometer NMR yang dibina ini adalah terdiri daripada lima bahagian litar secara berasingan dan satu penjana medan magnet. Litar-litar tersebut ialah litar pemasa (*time base circuit*), *NMR pulse 90° and ringing damper generator*, *active probe*, penghantar RF (*RF transmitter*) dan penerima RF (*RF receiver*). Spektrometer NMR ini telah dibina dengan kos yang rendah. Ini termasuklah dua keping PCB yang direka dan dihasilkan.

ABSTRACT

The main objective of this project is to build a NMR Spectrometer (nuclear magnetic resonance spectrometer). Tremendous amount of electronic knowledge has been utilized in this project. This NMR spectrometer includes five simple circuits and a magnetic field generator. These circuits are time-base circuit, NMR pulse 90° and ringing damper generator, active probe, RF receiver and transmitter. This NMR spectrometer is operated at 5MHz frequency by using a crystal oscillator. In this research, the NMR spectrometer has been successfully developed at low cost. The system, which includes two PCBs were designed and created.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGESAHAN	
	TAJUK	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	ix
	SENARAI RAJAH	x
	SENARAI SIMBOL	xii
BAB I	Pengenalan	
	1.1 Objektif Kajian	1
	1.2 Skop Kajian	1
	1.3 Pengenalan Masalah	2
	1.4 Kajian rujukan / kajian latar belakang	4
	1.5 Kelebihan spektrometer NMR	5

BAB II PRINSIP ASAS RESONANS MAGNET**NUKLEUS**

2.1	Keadaan spin nukleus	6
2.2	Sifat magnet nukleus	7
2.3	Mekanisme resonans	11
2.4	Pemagnetan, M	14
2.5	Proses pengenduran	15
	2.5.1 Pengenduran menegak	17
	2.5.2 Pengenduran melintang	17
2.6	Isyarat NMR	18
2.7	Spektrometer NMR ringkas	19

BAB III SPEKTROMETER NMR

3.1	Pengenalan	21
3.2	Osiloskop	21
3.3	Magnet	23
3.4	Litar Pemasa (<i>Time Base Circuit</i>)	24
3.5	<i>NMR pulse 90° and ringing damper generator circuit</i>	27
3.6	<i>Active Probe</i>	32
3.7	<i>Commutation circuit</i>	33
3.8	Litar penerima (<i>The Receiver</i>)	34
3.9	Litar pemancar (<i>Transmitter circuit</i>)	39
3.10	PCB	41

BAB IV PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN 44**RUJUKAN** 46

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Nombor Kuantum Spin bagi Beberapa Nukleus Yang Biasa.	7

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	<i>Dua keadaan spin yang dibenarkan bagi proton.</i>	9
2.2	Susunan sejajar dan bertentangan bagi batang magnet.	9
2.3	Keadaan spin proton tanpa dan dengan kehadiran medan magnet luaran, B_0 .	10
2.4	Keadaan spin bagi atom klorin tanpa / dengan kehadiran medan magnet luaran.	11
2.5	Keliukan nukleus berspin kerana pengaruh medan magnet.	12
2.6	Proses resonans magnet nukleus, penyerapan berlaku apabila $\nu = \omega$.	13
2.7	Urutan peristiwa resonans magnet nukleus.	13
2.8	Vektor pemagnetan bersih, M dengan dua komponen vektor pemagnetan menegak, M_z dan pemagnetan melintang, M_{xy} .	15
2.9	Fenomena pengenduran.	16
2.10	Pengenduran menegak.	17
2.11	Pengenduran melintang.	18
2.12	Isyarat NMR.	19
2.13	Bahagian asas spektrometer magnet nukleus.	20

3.1	Blok diagram bagi Spektrometer NMR.	22
3.2	Litar pemasa (<i>time base circuit</i>).	24
3.3	Output bagi litar pemasa (<i>time base circuit</i>).	26
3.4	<i>Pulse 90° and ringing damper generator</i> .	27
3.5	Output bagi litar pengayun yang berfrekuensi 5 MHz.	29
3.6	Output bagi gelombang RF.	30
3.7	Output bagi gelombang berperingkat TTL.	31
3.8	Litar <i>active probe</i> .	32
3.9	<i>Commutation circuit</i> .	33
3.10	Litar penerima.	35
3.11	Isyarat daripada penjana frekuensi RF (berfrekuensi 10 MHz).	37
3.12	Output bagi transistor Q3 pada kaki pengumpul dalam litar penerima.	38
3.13	Litar pemancar (<i>Transmitter circuit</i>).	39
3.14	Output bagi litar pemancar.	40
3.15	PCB bagi litar pemasa dan <i>NMR pulse 90° and ringing damper generator circuit</i> (pandangan dari bawah).	42
3.16	PCB bagi litar penerima, litar pemancar dan litar <i>TDA Driver</i> . (pandangan dari bawah).	43

SENARAI SIMBOL

m	-	Jisim proton
μ	-	Momen magnet nukleus atom
f_r	-	Frekuensi resonans
I	-	Nombor kuantum spin
I_z	-	Komponen I dalam arah Z
M_0	-	Pemagnetan
M_z	-	Pemagnetan menegak
M_{xy}	-	Pemagnetan melintang
RMN	-	Resonans magnetik nukleus
T_1	-	Masa pengenduran menegak
T_2	-	Masa pengenduran melintang
B_0	-	Medan magnet statik
E	-	Tenaga
RF	-	Frekuensi radio
$K\Omega$	-	Kilo ohm
Ω	-	Ohm
μs	-	mikro saat
C	-	Kapasitor
L	-	Induktor

H	-	Henry
R	-	Perintang
mV	-	MiliVolt
mm	-	Millimeter
pF	-	PikoFarad
A	-	Ampere
V	-	Voltan
P	-	Kuasa
W	-	Watt
V_{out}	-	Voltan output
V_{in}	-	Voltan input
dB	-	Desibel
ω	-	Frekuensi sudut
KHz	-	KiloHertz
MHz	-	MegaHertz
GHz	-	GigaHertz
IC	-	Litar bersepadu
LED	-	Diod pemancar cahaya
PCB	-	<i>Printed Circuit Board</i>
SB	-	<i>Strip board</i>

BAB I

Pengenalan

1.1 Objektif kajian

Objektif kajian ini ialah membina sebuah spektrometer NMR, iaitu spektrometer Resonans Magnetik Nuklear (RMN) atau *Nuclear Magnetic Resonance Spectrometer (NMR Spectrometer)* yang beroperasi pada frekuensi 5 MHz.

1.2 Skop kajian

Skop yang terlibat dalam kajian ini terbahagi kepada 5 bahagian utama, iaitu:

1. Membina spektrometer resonans magnet nukleus (RMN) yang terdiri daripada lima litar yang utama seperti yang disebutkan dan beroperasi dalam frekuensi 5 MHz.
2. Mereka dua keping PCB untuk memuatkan litar-litar yang terlibat supaya lebih kemas dan dapat meminimumkan hingar yang akan mengganggu ujikaji ini.

3. Menguji dan membuat analisis ke atas semua peralatan yang telah siap dibuat.
4. Membuat satu pelarasan yang sesuai bagi pembolehubah kapasitor yang dipasang dalam litar *active probe* supaya dapat melaraskan kapasitor tersebut walaupun kotak ditutup.

1.3 Pengenalan Masalah

Dalam kursus Projek Sarjana Muda (PSM) ini, kajian yang dijalankan adalah satu projek yang membina satu spektrometer Resonans Magnetik Nuklear (RMN). Spektrometer NMR yang dibina ini adalah terdiri daripada lima litar yang utama, iaitu litar pemasa (*time base circuit*), NMR *pulse 90° and ringing damper generator*, *active probe*, penghantar RF (*RF transmitter*) dan penerima RF (*RF receiver*). Dalam litar penghantar ini terdapat satu pengayun frekuensi radio (RF) yang dihasilkan dalam litar *NMR 90° pulse and damper generator*.

Walau bagaimanapun, frekuensi dalam kajian ini tidaklah sampai setinggi itu. Frekuensi yang digunakan hanya 5 MHz, hal ini adalah kerana frekuensi yang terlalu tinggi akan mudah diganggu oleh hingar (*noise*). Sekiranya hingar yang wujud adalah tinggi, maka seluruh sistem spektrometer NMR ini tidak akan berjaya. Frekuensi yang tinggi, misalnya lebih daripada 20 MHz perlulah dijalankan dalam keadaan yang sesuai dan tidak mempunyai sebarang hingar yang mengganggu semasa menjalankan analisis terhadap sampel. Sampel yang sesuai dan akan digunakan ialah air (H_2O).

Masalah yang dihadapi semasa menjalankan kajian ini adalah keperluan komponen elektronik yang terhad dan perlu dipesan terlebih dahulu. Justeru itu, banyak langkah telah ditundakan dan telah melambatkan kajian ini diselesaikan. Selain itu, komponen-komponen yang diperolehi itu bukannya semua tepat pada nilai-nilai yang diminta, contohnya nilai gegelung (*coil*) yang diperlukan ialah $0.6 \mu H$, tetapi gegelung yang diberikan itu adalah bernilai $0.68 \mu H$; gegelung yang

diperlukan juga perlu dibuat sendiri, malah nilai yang dikehendaki pula tidak tepat dengan apa yang diinginkan; osiloskop yang berdigit perlu digunakan, manakala osiloskop yang biasa adalah tidak sesuai digunakan dalam kajian ini dan osiloskop yang digunakan dalam kajian ini ialah jenis Tektronix TDS 210.

Transistor seperti 2N1711 dan MRF475 juga tidak dapat diperoleh dengan tepatnya. Walau bagaimanapun, transistor-transistor ini masing-masing telah digantikan dengan BC140-16 dan 2SC1969, dengan spesifikasi serta ciri-ciri keperluan bagi transistor-transistor ini adalah setara. Begitu juga dengan satu litar bersepadu (IC) yang tidak dapat diperoleh dengan tepat, iaitu IC LM307 yang telah digantikan dengan IC CA307. Tambahan pula, kapasitor 47 pF telah digantikan dengan kapasitor yang bernilai 30 pF.

Rancangan penggunaan PCB (*Printed Circuit Board*) telah digantikan dengan SB (*StripBoard*). Hal ini adalah kerana kos bagi PCB adalah lebih tinggi daripada SB, jadi untuk menjimatkan kos, SB digunakan untuk menggantikan PCB. Setakat ini, kajian ini hanya dilakukan di atas papan projek (*bread board*). Tujuannya adalah untuk memastikan litar-itar tersebut boleh beroperasi dengan sempurna sebelum dipateri di atas SB.

Ketika membuat analisis atas *bread board*, hingar yang wujud tidak dapat dielakkan dan menyebabkan nilai output bagi frekuensi adalah tidak tepat dan tidak tentu terhadap masa. Penilaian akan dibuat selepas kapasitor ditukarkan kembali kepada 100 μ F dan dipaterikan ke atas PCB.

Kotak aluminium perlu digunakan untuk menempatkan litar *commutation circuit* dan *active probe* supaya gangguan luar dapat dikurangkan dengan berkesan. Gangguan luar seperti gelombang RF yang boleh mengganggu keputusan dalam kajian ini.

1.4 Kajian rujukan / kajian latar belakang

Isyarat resonans magnet nukleus (RMN atau *NMR singal*) yang pertama telah dijumpai di dalam bahan pukal, iaitu pepejal dan cecair pada 1945. Isyarat RMN ini adalah dijumpai oleh dua kumpulan saintis, iaitu *Bloch* (Universiti Standford) dan Purcell (Universiti Harvard) serta rakan-rakan mereka. *Bloch* telah dapat mengesan isyarat aruhan magnet proton yang berada di dalam air pada frekuensi 7.765 MHz [1]. Manakala Purcell telah berjaya mengesan isyarat penyerapan magnet proton dalam kepingan lilin parafin pada frekuensi 30 MHz [2].

Pembangunan NMR ini telah mula dari 1945 dan penggunaannya telah dimulakan pada akhir tahun 1950 dan instrumentasi cadangan dimulakan dengan NMR yang berfrekuensi 60 MHz. NMR ini digunakan dalam penyelidikan kimia organik untuk meneliti struktur molekul [3].

Spektrometer NMR menggunakan kaedah kecerunan Medan Berayun yang digunakan untuk memperoleh imej resonans magnet sampel sama ada dalam keadaan pepejal atau cecair. Kecerunan medan berayun ini menggunakan kecerunan medan sinusoid dan perlu dikenakan satu denyut 90° . Denyut 90° ini merupakan suatu denyut yang menyebabkan vektor pemagnetan proton, M yang selari terhadap paksi medan utama, z berputar 90° ke satah xy (rujuk kepada 2.6).

Setelah beberapa tahun, banyak penyelidikan dan eksperimen telah diusahakan bagi membangunkan analisis dalam bidang spektrometer NMR. Sebenarnya, spektrometer NMR beroperasi dalam frekuensi yang berbeza-beza, contohnya frekuensi spektrometer NMR pada masa kini telah sampai ke 400 MHz, 500 MHz, 600 MHz, 900 MHz sehingga sekarang telah melebihi 1 GHz. Contohnya, menurut *Peter Wright, Chairman, Scripps Research Institute* (15 June 2001), NMR yang baru-baru ini boleh beroperasi dalam frekuensi 900 MHz dan akan menjadi satu koleksi dalam bidang instrumentasi yang terbesar serta berprestasi tinggi di seluruh dunia. Malah frekuensi spektrometer NMR yang terkini telahpun melebihi daripada 1 GHz [3].

1.5 Kelebihan spektrometer NMR

Antara kelebihan penggunaan spektrometer NMR ialah:

1. Teknik pengimejan yang melibatkan Ujian Tanpa Musnah terhadap sampel menggunakan gelombang radio yang berfrekuensi tinggi. Teknik pengimejan yang menggunakan sinaran pengionan seperti sinar-X adalah lebih berbahaya jika dibandingkan penggunaan gelombang radio.
2. Maklumat daripada spektrum yang diperoleh akan memberikan maklumat yang tepat dan betul sekiranya frekuensi resonans betul-betul berlaku pada 5 MHz. Ini adalah kerana frekuensi spektrometer ini beroperasi pada 5 MHz.

BAB II

PRINSIP ASAS RESONANS MAGNET NUKLEUS

2.1 Keadaan spin nukleus

Kebanyakan nukleus atom menunjukkan perlakuan penspinan. Sebarang nukleus atom yang mempunyai nombor jisim ganjil atau nombor atom ganjil atau kedua-duanya sekali mempunyai momentum sudut spin dan momen magnet yang terkuantum. Di antara nukleus umum yang mempunyai sifat tersebut adalah ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$, ${}^{13}_6\text{C}$, ${}^{14}_7\text{N}$, ${}^{17}_8\text{O}$, dan ${}^{19}_9\text{F}$. Nukleus bagi isotop yang biasa bagi karbon dan oksigen (${}^{12}_6\text{C}$ dan ${}^{16}_8\text{O}$), tidak tergolong sebagai nukleus yang mempunyai sifat-sifat spin. Walau bagaimanapun, nukleus bagi atom hidrogen biasa iaitu proton, mempunyai spin. Bagi setiap nukleus yang berspin, bilangan keadaan spin yang dibenarkan adalah terkuantum dan ditentukan oleh nombor kuantum spin nukleus, I . Nombor ini merupakan pemalar fizik bagi setiap nukleus. Bagi nukleus yang mempunyai nombor kuantum I , terdapat $2I + 1$ keadaan spin dibenarkan di dalam julat perbezaan integer daripada $+I$ hingga $-I$. Keadaan spin individu didapati sepadan dengan urutan:

$$-I, (-I + 1), \dots, (I - 1), I$$

Contohnya, proton (nukleus hidrogen) mempunyai nombor kuantum spin $I = 1/2$ mempunyai dua keadaan spin yang dibenarkan [$2(1/2) + 1 = 2$] kepada nukleus iaitu $-1/2$ dan $+1/2$. Bagi klorin, $I = 3/2$, terdapat empat keadaan spin yang

dibenarkan [$2(3/2) + 1 = 4$] kepada nukleusnya iaitu $-3/2$, $-1/2$, $+1/2$ dan $+3/2$. Nombor kuantum spin bagi nukleus diberikan dalam jadual 2.1 berikut:

Jadual 2.1: Nombor Kuantum Spin bagi Beberapa Nukleus Yang Biasa.

Unsur	${}^1_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^{12}_6\text{C}$	${}^{13}_6\text{C}$	${}^{14}_7\text{N}$	${}^{16}_8\text{O}$	${}^{17}_8\text{O}$	${}^{19}_9\text{F}$	${}^{31}_{15}\text{P}$	${}^{35}_{17}\text{Cl}$
No.Kuantum										
Spin	1/2	1	0	1/2	1	0	5/2	1/2	1/2	3/2
Nukleus										
Bilangan										
Keadaan spin	2	3	0	2	3	0	6	2	2	4

Tanpa kehadiran medan magnet luaran, kesemua keadaan spin bagi sesuatu nukleus itu mempunyai tenaga yang setara dan bagi sekumpulan atom populasi bagi kesemua keadaan spin bagi atom itu adalah hampir sama, dengan bilangan atom yang sama pada setiap keadaan spin yang dibenarkan itu [4].

2.2 Sifat magnet nukleus

Untuk menerangkan teori asas mengenai resonans magnet nukleus, sifat magnet nukleus perlulah dipertimbangkan terlebih dahulu. Kebanyakannya atom nukleus adalah bersifat kemagnetan kerana atom ini mempunyai cas yang berkeadaan sedang berputar pada suatu paksi tertentu. Sifat magnet nukleus ini boleh dikaji dengan membuat analisis terhadap perlakuan nukleus ini, iaitu ketika berinteraksi dengan suatu medan magnet luar yang dibekalkan, B_0 . Sifat magnet proton adalah bergantung kepada nombor kuantum spin, I dan momen magnet, μ [5].

Momen magnet bagi proton dan kuantum spin ini diberikan dengan persamaan seperti berikut:

$$\mu = g \frac{e\hbar}{2mc} (I) \quad (2.1)$$

dengan m : jisim cas proton

μ : momen magnet proton ($I = 1/2$)

e : cas elekton

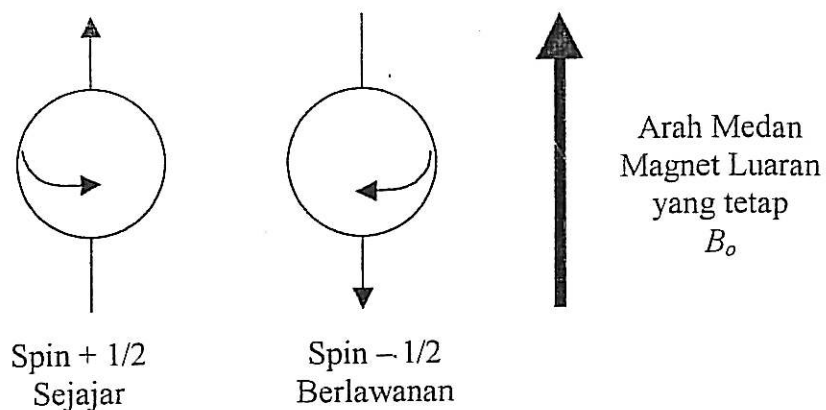
c : halaju cahaya

g : pemalar (faktor g nukleus)

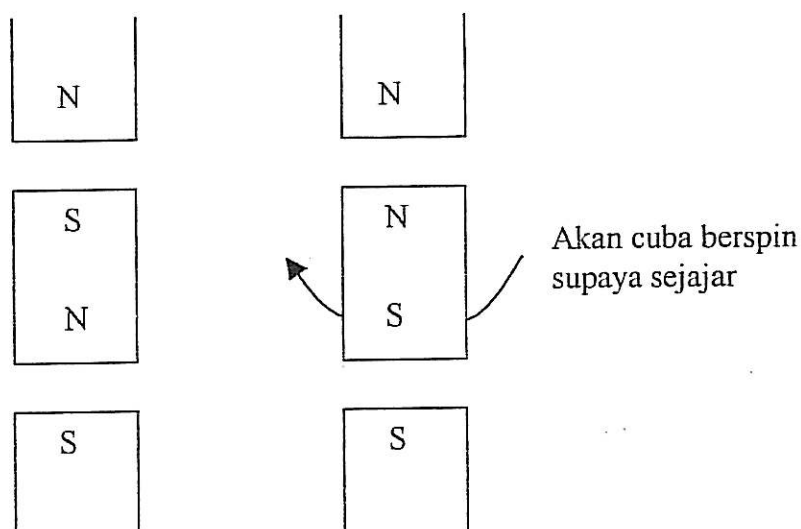
Persamaan (2.1) ini menunjukkan bahawa nukleus dengan nombor kuantum spin, $I = 0$ tidak mempunyai momen magnet. Jenis-jenis nukleus yang bersifat magnet biasanya terdiri daripada hidrogen (H), karbon (C), nitrogen (N), oksigen (O) dan fluorin (F), iaitu proton dengan $I = 1/2$ [6].

Keadaan spin nukleus berbeza jika berada di dalam medan magnet luaran kerana nukleus merupakan zarah bercas dan cas yang bergerak akan menjana medan magnetnya sendiri. Dengan ini nukleus mempunyai momen magnet, μ yang dijanakan oleh cas dan spinnya. Nukleus hidrogen boleh mempunyai spin mengikut arah pusingan jam (+1/2) atau melawan pusingan jam (-1/2), dan momen magnet nukleus (μ) bagi kedua-dua kes itu berada dalam arah yang berlawanan. Dalam medan magnet luaran, kesemua proton akan mempunyai momen magnet dengan orientasi sama ada sejajar atau bertentangan dengan medan berkenaan. Kedua-dua keadaan ini ditunjukkan di dalam Rajah 2.1.

Nukleus hidrogen boleh mengambil salah satu daripada dua orientasi terhadap medan magnet luaran ini. Keadaan spin + 1/2 bertenaga rendah kerana ia sejajar dengan medan manakala keadaan spin -1/2 pula bertenaga tinggi kerana ia bertentangan dengan magnet luaran. Kedua-dua keadaan di atas dapat digambarkan dengan jelas jika kita mempertimbangkan dua situasi yang melibatkan magnet seperti dalam Rajah 2.2.



Rajah 2.1 : Dua keadaan spin yang dibenarkan bagi proton

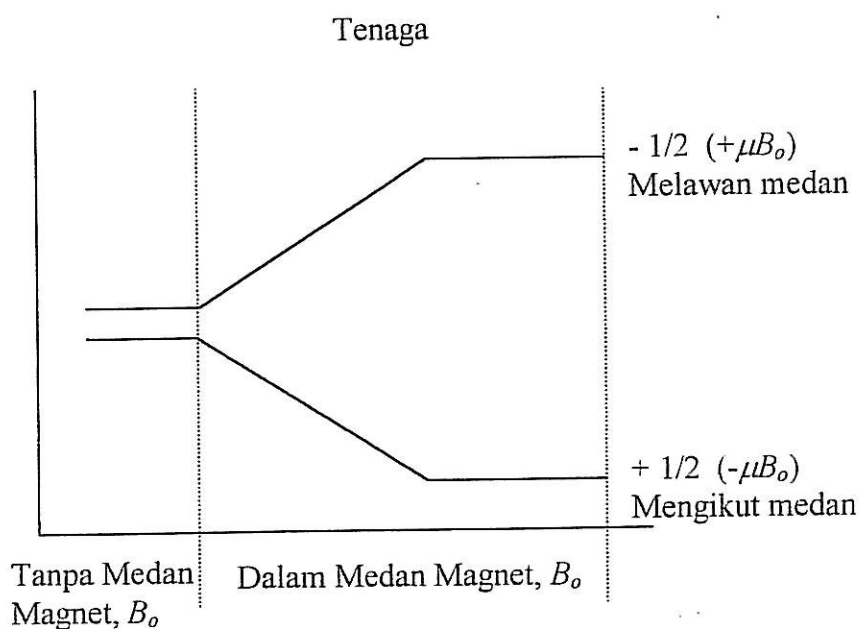


Rajah 2.2 : Susunan sejajar dan bertentangan bagi batang magnet

Dengan demikian, jika medan luaran digunakan, keadaan spin yang setara itu berpecah kepada dua keadaan yang berbeza tenaganya seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.3. Ini bermaksud bagi nukleus yang sejajar dengan arah medan mempunyai tenaga yang lebih rendah daripada nukleus yang menjajar berlawanan arah dengan arah medan B_0 tersebut. Pemecahan aras tenaga ini boleh dirujuk sebagai pemecahan nukleus *Zeeman* atau kesan *Zeeman* [5, 8]. Tenaga bagi setiap keadaan magnet diberikan oleh:

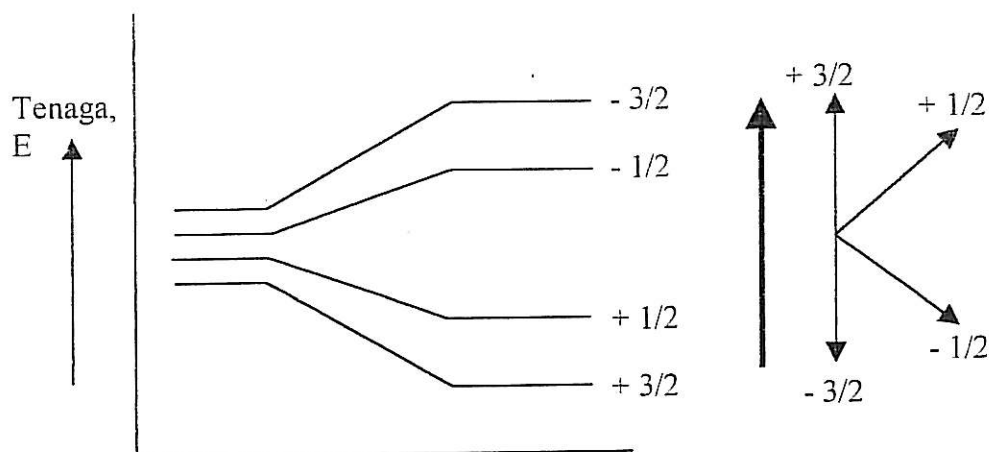
$$E = \frac{\mu}{I} B_o I_z \quad (2.2)$$

dengan I_z adalah komponen I dalam arah Z . Hubungan tenaga di dalam persamaan (2.2) bagi nukleus hidrogen dengan $I = 1/2$ dapat digambarkan seperti dalam Rajah 2.3



Rajah 2.3 : Keadaan spin proton tanpa dan dengan kehadiran medan magnet luaran, B_o

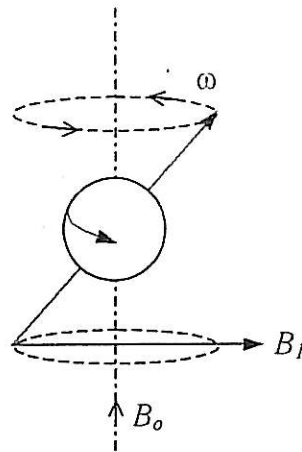
Dalam kes nukleus klorin, terdapat empat aras tenaga seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.4. Keadaan spin $+3/2$ dan $-3/2$ masing-masing sejajar dan bertentangan dengan medan magnet luaran. Keadaan spin $+1/2$ dan $-1/2$ mempunyai orientasi seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.4 (vektor sebelah kanan Rajah 2.4).



Rajah 2.4 : Keadaan spin bagi atom klorin tanpa / dengan kehadiran medan magnet luaran. [4]

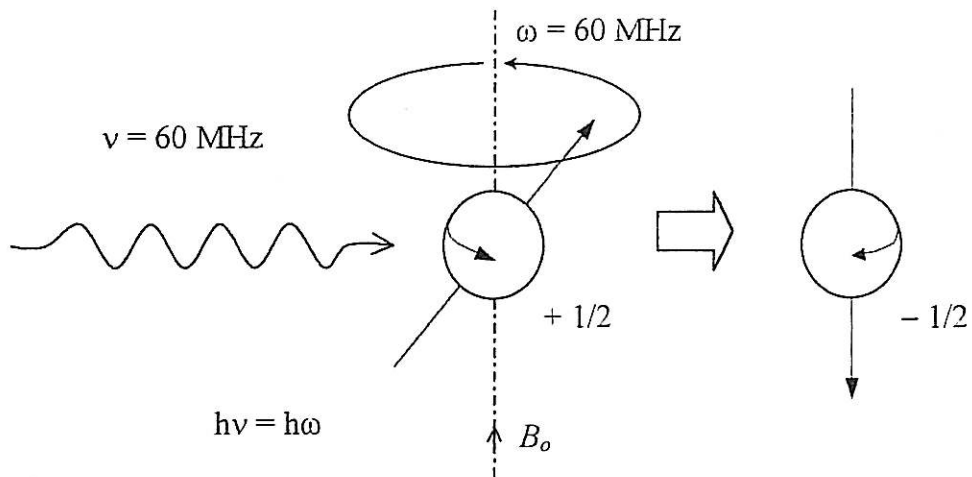
2.3 Mekanisme resonans

Teknik asas resonans magnet nukleus ialah untuk mewujudkan peralihan antara aras-aras *Zeeman* ini. Untuk menghasilkan peralihan ini, suatu nilai frekuensi ulang-alik yang sesuai perlu dikenakan kepada nukleus yang berada di dalam medan magnet. Komponen magnet yang dihasilkan oleh frekuensi radio ini, B_1 bertindak seranjang dengan medan magnet luar, B_0 yang dikenakan [5]. Suatu peralihan akan berlaku pada nukleus tersebut kerana tenaga telah diserap oleh proton semasa dikenakan pada medan magnet luaran secara bersudut tepat. Peralihan tersebut disebut sebagai keliukan (*precess*) pada sudut θ dengan frekuensi liukan, f tertentu [7]. Proton tersebut akan meliuk mengikut paksi utama medan magnet luar B_0 tersebut dan berseranjang dengan B_1 iaitu komponen frekuensi radio. Lihat pada Rajah 2.5.

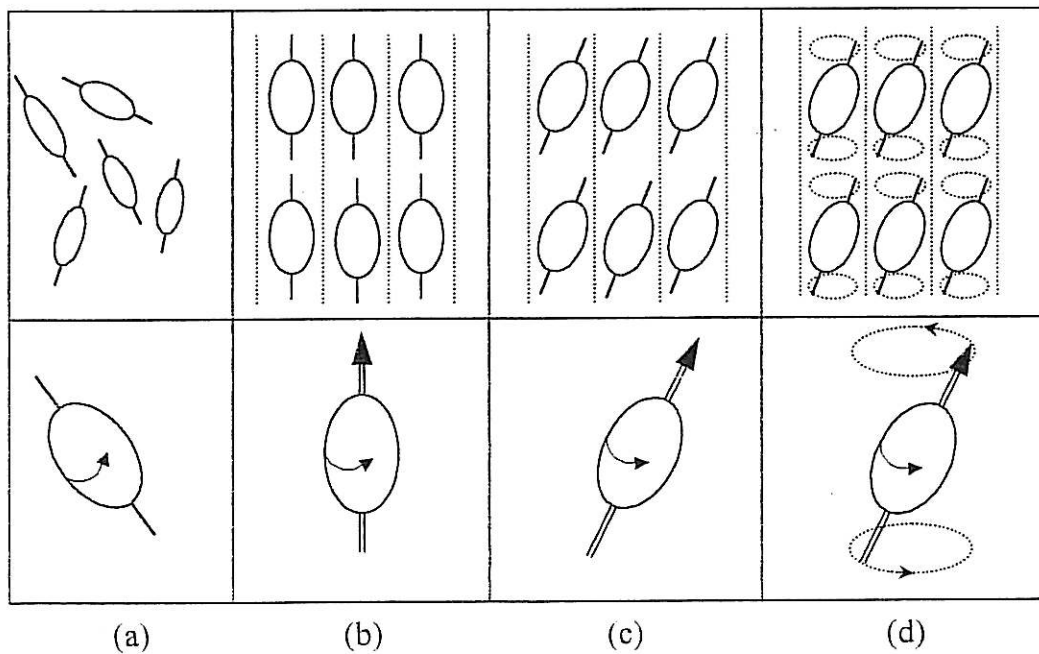


Rajah 2.5 : Keliukan nukleus berspin kerana pengaruh medan magnet [8].

Di bawah pengaruh medan magnet luar B_o tersebut, nukleus yang berspin akan menunjukkan perlakuan yang sama dengan sebiji gasing yang berputar di dalam medan graviti bumi. Apabila medan magnet luar B_o diberikan, nukleus akan memulakan peliukan pada paksi spinnya dengan frekuensi sudut ω yang tertentu. Frekuensi peliukan proton adalah berkadar terus dengan kekuatan medan magnet B_o . Dengan kata lain, semakin kuat medan magnet luaran maka semakin besarnya frekuensi sudut ω bagi peliukan nukleus tersebut. Bagi proton, jika medan magnet luaran ialah 14,100 Gauss, frekuensi peliukan adalah di sekitar 60 MHz. Oleh sebab nukleus bercas, peliukan itu menjana medan magnet yang berayun pada frekuensi yang sama. Jika gelombang frekuensi radio berkenaan terus dipancarkan terhadap proton yang sedang meliuk itu, tenaga akan diserap olehnya. Ini berlaku apabila frekuensi komponen medan elektrik berayun bagi sinaran yang datang itu sama dengan frekuensi medan elektrik yang dijanakan oleh keliukan nukleus, kedua-dua medan itu boleh bergandingan dan tenaga dipindahkan daripada sinaran itu kepada nukleus, menyebabkan spin berubah. Keadaan ini dikenali sebagai resonans dan nukleus dikatakan sedang beresonans dengan gelombang elektromagnet [4]. Proses resonans boleh ditunjukkan dalam Rajah 2.6 dan fenomena NMR pula dapat digambarkan seperti dalam Rajah 2.7 di bawah ini [4].



Rajah 2.6 : Proses resonans magnet nukleus, penyerapan berlaku apabila $\nu = \omega$.



Rajah 2.7 : Urutan peristiwa resonans magnet nukleus.

- (a) Keadaan tanpa medan magnet B_0 , nukleus hidrogen tertabur secara rawak
- (b) Apabila dikenakan B_0 , nukleus hidrogen akan tersusun mengikut arah B_0 .
- (c) Nukleus mula meliuk pada sudut θ apabila dikenakan medan magnet B_1 .
- (d) nukleus hidrogen meliuk dengan frekuensi liukan, f .

Hubungan antara frekuensi liukan, f dengan medan magnet, B_0 ialah:

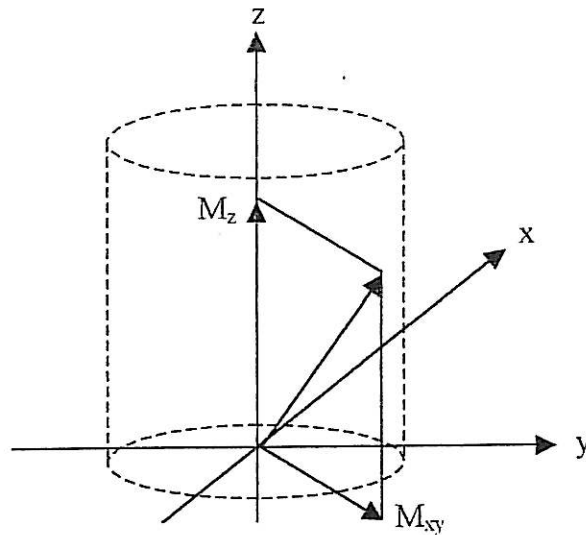
$$f = \gamma B_0 \quad (2.3)$$

dengan γ ialah 42.573 MHz.

2.4 Pemagnetan, M

Pada keseimbangan, pemagnetan M_0 terhasil dalam arah z selari dengan B_0 . Dalam keadaan ini, $M_z = M_0$, $M_{xy} = 0$. Jika M_z diganggu oleh B_1 sehingga terkeluar daripada paksi z , $M_{xy} \neq 0$. M_{xy} ini adalah berkadar dengan isyarat NMR. Merujuk kepada Rajah 2.8, vektor pemagnetan bagi proton terbahagi kepada dua komponen iaitu [9]:

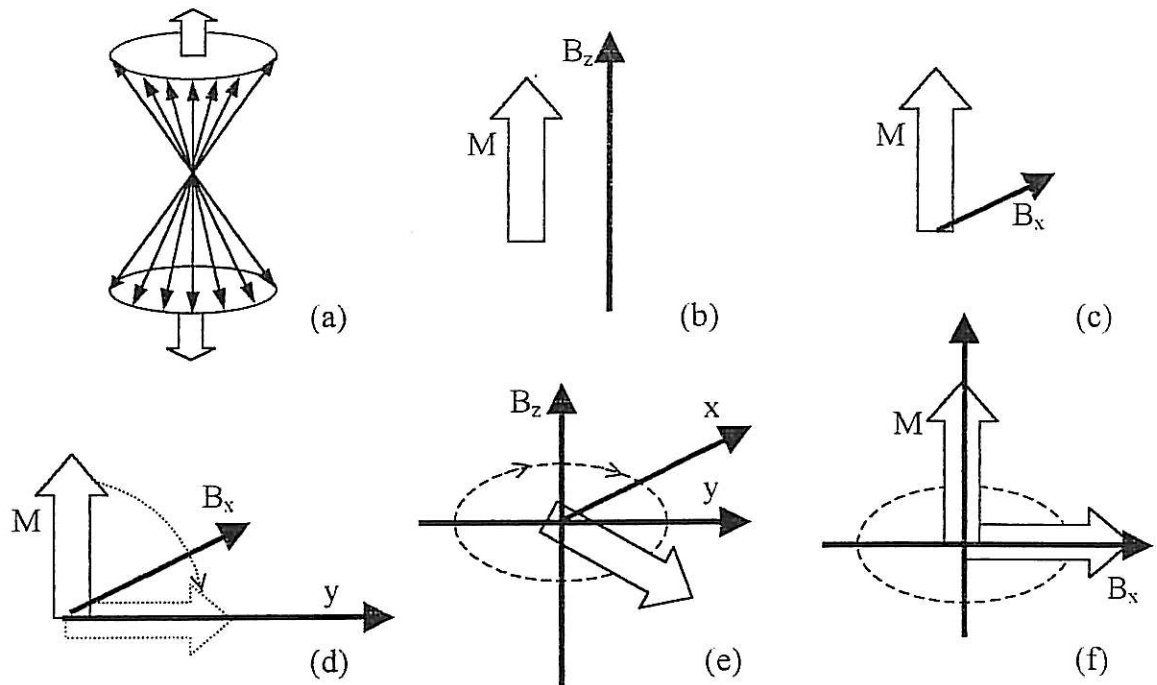
- i) M_z dikenali sebagai pemagnetan menegak, iaitu vektor pemagnetan sepanjang paksi utama, z .
- ii) M_{xy} dikenali sebagai pemagnetan melintang, iaitu vektor pemagnetan dalam satah bersudut tepat dengan paksi medan utama.



Rajah 2.8 : Vektor pemagnetan bersih, M dengan dua komponen vektor pemagnetan menegak, M_z dan pemagnetan melintang, M_{xy} [9].

2.5 Proses pengenduran

Proses pengenduran ialah satu proses pemagnetan, M pada nukleus kembali kepada keadaan seimbang atau keadaan asal. Proses ini boleh diringkaskan dengan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.9 di bawah ini.



Rajah 2.9 : Fenomena pengenduran.

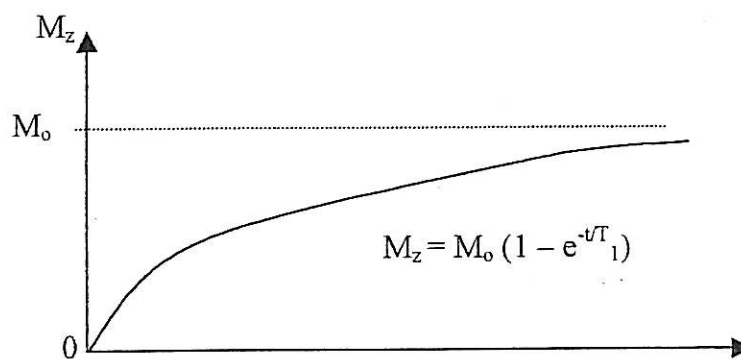
- (a) Nukleus meliuk dengan frekuensi f
- (b) Paduan vektor pemagnetannya, M
- (c) Penggunaan denyut sepanjang paksi x .
- (d) Pemagnetan M turun 90° ke satah xy .
- (e) Pemagnetan M berada dalam keadaan tidak stabil kerana ia sepatutnya mengikut paksi medan utama.
- (f) Pemagnetan M kembali ke keadaan keseimbangannya yang dikenali sebagai proses pengenduran.

Pada amnya, proses pengenduran boleh dibahagikan kepada dua jenis, iaitu:

- (i) Pengenduran menegak
- (ii) Pengenduran melintang

2.5.1 Pengenduran menegak

Berikutan dengan pengujaan, nukleus spin teruja mempunyai tenaga yang berlebihan. Pembebasan tenaga yang berlebihan daripada spin kepada kekisi membolehkan spin mengendur dan mencapai keseimbangan terma semula. Proses ini dikenali sebagai “pengenduran spin-kekisi” yang berlaku disebabkan oleh interaksi momen magnet nukleus terhadap kekisi. Proses ini juga boleh dinyatakan sebagai satu proses pemindahan tenaga spin kepada kekisi sekitarnya. Pemalar masa untuk proses ini dikenali sebagai masa pengenduran spin-kekisi, T_1 , iaitu masa yang diambil oleh nukleus untuk mencapai keseimbangan dengan sekitarnya [10]. Pengenduran spin-kekisi ini juga boleh disebut sebagai pengendur menegak kerana melibatkan pemagnetan menegak, M_z yang kembali kepada keadaan keseimbangannya, iaitu ke nilai M_0 selepas diberikan denyut 90° seperti dalam Rajah 2.10.

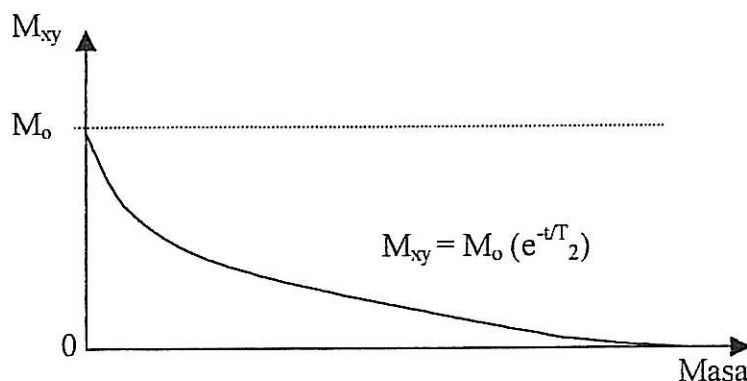


Rajah 2.10 : Pengenduran menegak [9].

2.5.2 Pengenduran melintang

Pengenduran spin-spin ini adalah disebabkan oleh pertukaran tenaga nukleus hidrogen dengan nukleus lain. Pemalar masa untuk proses ini dipanggil sebagai masa pengenduran spin-spin T_2 , iaitu masa yang diambil oleh nukleus untuk mencapai keseimbangan antara satu sama lain. Konsep pengenduran spin-spin dapat menerangkan kelakuan pemagnetan dalam komponen xy, pengenduran ini juga

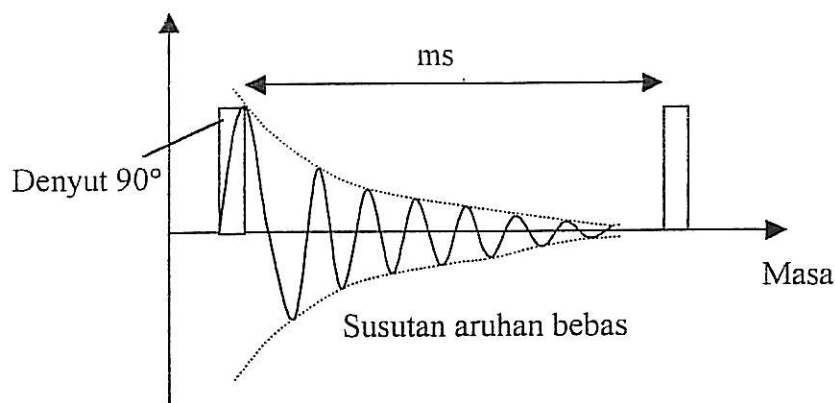
disebut sebagai pengenduran melintang. Secara umumnya, pengenduran melintang, T_2 ini juga melibatkan pemagnetan melintang, M_{xy} yang menyusut menuju ke keadaan keseimbangannya. Ini boleh digambarkan dalam Rajah 2.11 berikut.



Rajah 2.11 : Pengenduran melintang [9].

2.6 Isyarat NMR

Dalam menerangkan prinsip asas resonans magnet nukleus, kedua-dua medan magnet, iaitu medan magnet utama B_0 dan medan magnet luaran B_1 adalah perlu wujud. Medan magnet B_1 ini terhasil daripada denyut frekuensi radio atau denyut 90° yang dihantar oleh penghantar ke gegelung penghantar ke gegelung penghantar penduga (*probe*). Denyut 90° ini ialah denyut yang menyebabkan vektor pemagnetan proton, M yang selari terhadap paksi medan utama, z berputar 90° ke satah xy . Apabila sampel didedahkan kepada 90° atau denyut RF, proton tersebut akan mula menyerap tenaga. Penggunaan denyut 90° ini boleh menyebabkan vektor pemagnetan nukleus, M berputar ke satah xy . Apabila denyut RF dimatikan, proton tersebut akan membebaskan tenaga yang diserap itu dan kembali kepada keadaan asalnya. Oleh hal yang demikian, proses pembebasan tenaga oleh proton ini telah menghasilkan satu isyarat yang dipanggil sebagai isyarat NMR. Bentuk isyarat NMR ini boleh dilihat seperti dalam Rajah 2.12. Lengkung susutan isyarat inilah dikenali sebagai susutan aruhan bebas.

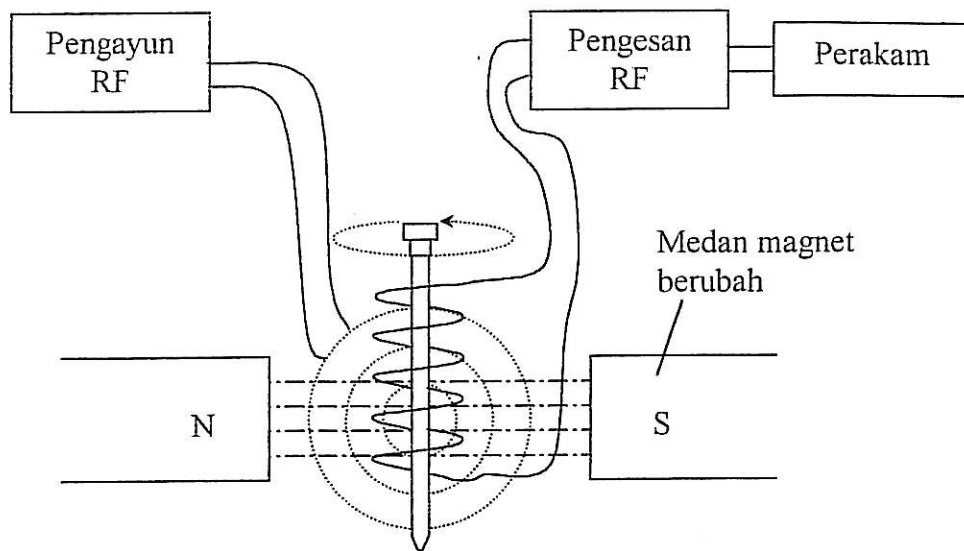


Rajah 2.12 : Isyarat NMR.

2.7 Spektrometer NMR ringkas

Bahagian asas bagi sebuah spektrometer digambarkan secara skema seperti dalam Rajah 2.13. Sampel biasanya akan dilarutkan dengan pelarut yang tidak mengandungi atom proton, iaitu selalunya menggunakan CCl_4 . Sel sampel merupakan tiub kaca yang kecil dan berbentuk silinder yang akan dipegang supaya berada di dalam ruang antara permukaan dua kutub medan magnet. Sampel itu akan dipusingkan pada paksinya untuk memastikan bahawa semua bahagian larutan itu mengalami medan magnet dengan seragam.

Di dalam ruang medan magnet itu terdapat juga gegelung yang disambungkan kepada satu penjana frekuensi radio (RF). Gegelung ini membekalkan tenaga elektromagnet untuk menukar orientasi spin proton [11]. Gegelung pengesan ini diletakkan secara menegak kepada gegelung pengayun RF. Apabila tiada penyerapan berlaku, gegelung pengesan itu tidak menerima tenaga yang dibebaskan oleh gegelung pengayun RF. Walau bagaimanapun, apabila sampel menyerap tenaga, orientasi spin nukleus mengaruhi isyarat frekuensi radio di dalam satah gegelung pengesan itu dan alat bergerak balas dengan merakamkan isyarat atau puncak resonans.



Rajah 2.13 : Bahagian asas spektrometer magnet nukleus [4].

BAB III

SPEKTROMETER NMR

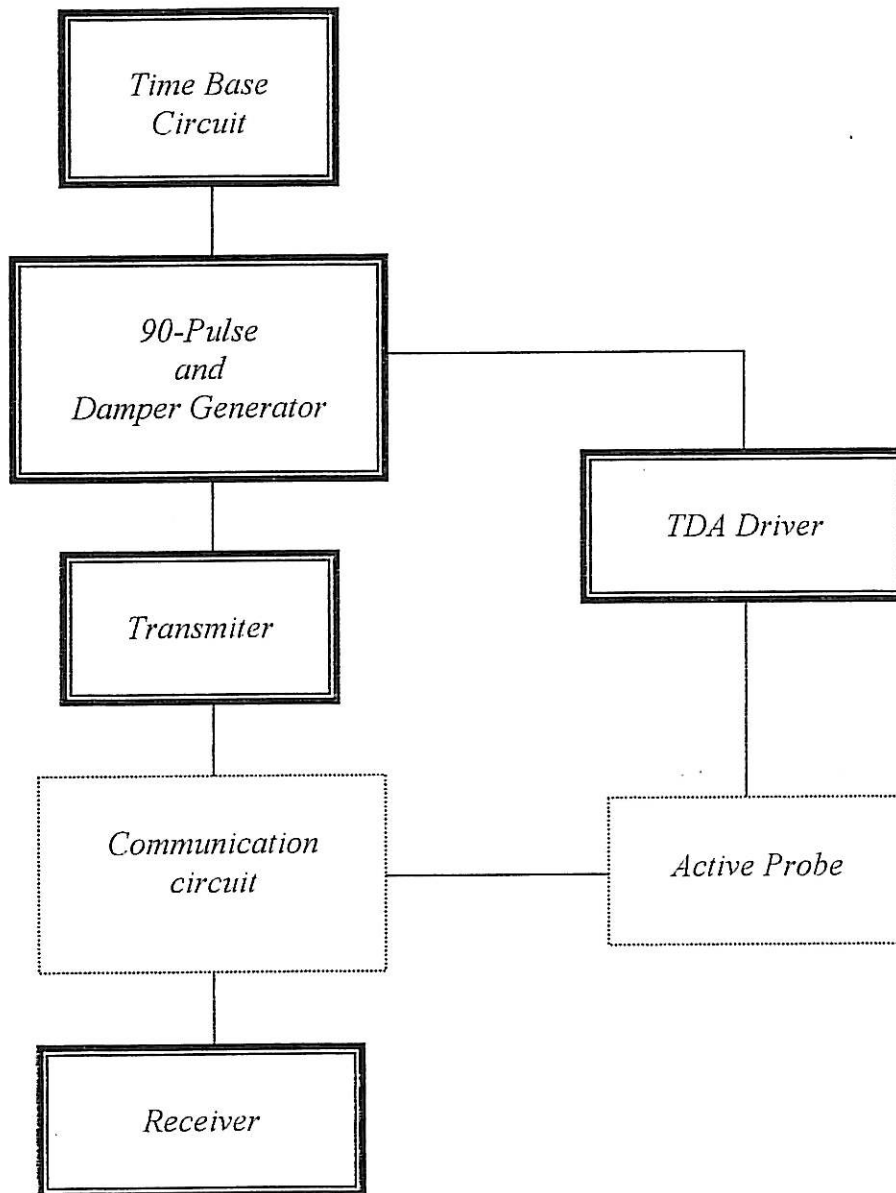
3.1 Pengenalan

Secara keseluruhannya, sebuah spektrometer resonans magnet nukleus (Spektrometer RMN) atau *nuclear magnetic resonance spectrometer* (NMR Spectrometer) yang telah dibina adalah terdiri daripada lima litar yang penting dan bersama-sama dengan satu penjana medan magnet. Spektrometer NMR yang dibina ini adalah beroperasi hanya dalam 5 MHz jika berbandingkan dengan spektrometer yang lebih besar dan beroperasi dalam beratus-ratusan mega hertz (MHz). Contohnya spektrometer yang terdapat di makmal spektrometer NMR adalah beroperasi dalam 400 MHz. Memandangkan frekuensi yang jauh lebih besar daripada spektrometer yang dibuat ini, ini telah menunjukkan bahawa spektrometer 5 MHz ini adalah satu spektrometer yang ringkas sahaja. Rajah 3.1 menunjukkan gambar Rajah bagi spektrometer ringkas 5 MHz yang telah dibina siap.

3.2 Osiloskop

Osiloskop yang digunakan dalam kajian ini ialah jenis Tektronix TDS 210 yang mempunyai dua saluran dan lebar jalurnya ialah pada frekuensi 60 MHz. Osiloskop ini lebih sesuai digunakan kerana osiloskop ini mempunyai satu ciri yang

penting iaitu "Digital Real-Time Oscilloscope" yang memberikan output yang lebih jelas dan betul.



Rajah 3.1 : Blok diagram bagi Spektrometer NMR.

3.3 Magnet

Magnet merupakan bahagian paling penting di dalam sistem NMR. Dalam suatu sistem NMR, penjana magnet ini akan membekalkan medan magnet, B_0 dengan kekuatan tertentu yang bersesuaian dengan frekuensi radio yang dihasilkan oleh litar penghantar (*transmitter*). Jenis magnet yang digunakan dalam penyelidikan ini ialah jenis elektromagnet Model EM4-HV (LakeShore) dengan kekuatan medan maksimum ialah 2.0 Tesla. Oleh kerana magnet yang digunakan ini jenis elektromagnet, sistem penyejuk diperlukan untuk memastikan suhu magnet dapat dikawal dengan baik supaya sistem elektromagnet ini tidak rosak dan tahan lama. Sistem penyejuk yang digunakan ialah jenis CFT-75 (NESLAB). Sistem penyejuk ini berfungsi untuk menyeragamkan medan magnet dengan mengelakkan magnet menjadi panas apabila arus yang tinggi dibekalkan dan digunakan dalam jangka masa yang panjang [12].

Kekuatan medan magnet yang diperoleh dengan memberikan nilai yang sesuai pada bekalan kuasa magnet Model 647 (LakeShore). Medan magnet yang dihasilkan boleh diukur dengan alat Gaussmeter Model 9500 (F.W.Bell). Kekuatan medan magnet yang digunakan dalam kajian ini ialah 0.12 T yang bersesuaian dengan persamaan (2.3) pada frekuensi 5 MHz.

$$f = \gamma B_0$$

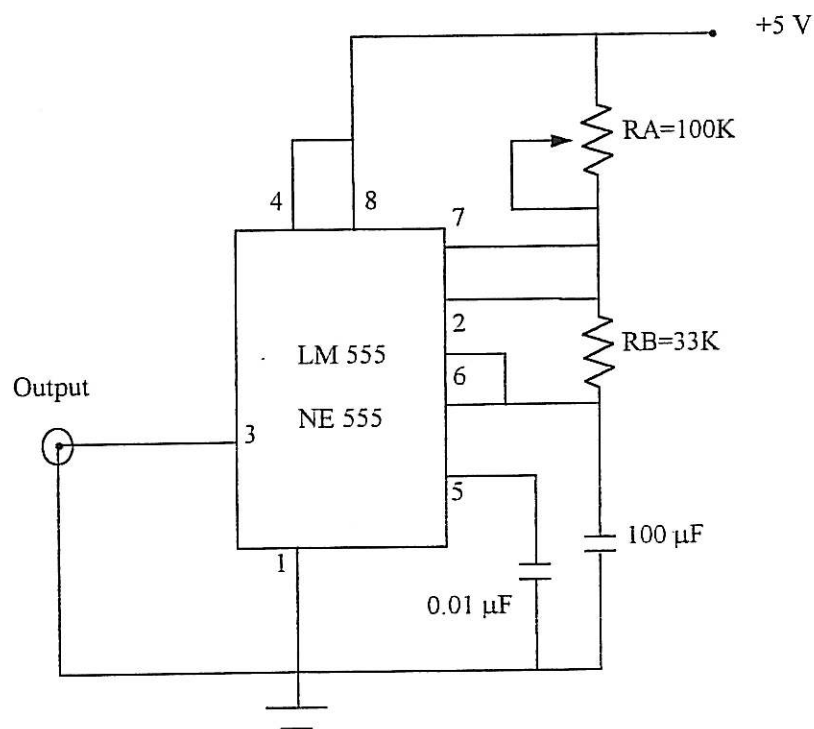
$$5 \times 10^6 = (42.57 \times 10^6) B_0 \quad \text{dengan } \gamma = 42.573 \text{ MHz/T}$$

$$\begin{aligned} B_0 &= \frac{5 \times 10^6}{42.573 \times 10^6} \\ &= 0.1174 T \\ &\approx 0.12 T \end{aligned}$$

Oleh itu, nilai medan magnet yang mesti diperoleh adalah lebih kurang kepada nilai 0.12T supaya frekuensi resonans pada 5 MHz boleh berlaku pada nukleus-nukleus sampel ketika ujikaji dijalankan.

3.4 Litar Pemasa (*Time Base Circuit*)

Litar pemasa yang telah dibuat adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.2. Tujuan utama litar pemasa ini adalah untuk menjanakan satu denyut yang berbentuk segiempat (*square wave*) seperti dalam Rajah 3.3 dan satu masa di mana denyut 90° yang di perlukan dalam ujikaji spektrometer ini. Gelombang segiempat ini yang terjana ini mempunyai frekuensi tersendiri dan frekuensi ini boleh diubah dengan melaraskan perintang boleh laras R_A ini.



Rajah 3.2 : Litar pemasa (*time base circuit*)

Bentuk penyambung litar seperti dalam Rajah ini, pemasa ini adalah beroperasi secara *astable*. Masa bagi pengecasan oleh kapasitor C yang bernilai $100 \mu\text{F}$ ini boleh dihitung dengan persamaan:

$$t_1 = 0.693 (R_A + R_B)C$$

manakala masa bagi menyahcas pula boleh dihitung dengan

$$t_2 = 0.693 (R_B)C$$

Oleh itu, jumlah masa bagi tempoh pengecasan dan penyahcasan juga boleh dengan

$$\begin{aligned} T &= t_1 + t_2 \\ &= 0.693 (R_A + 2R_B)C \end{aligned}$$

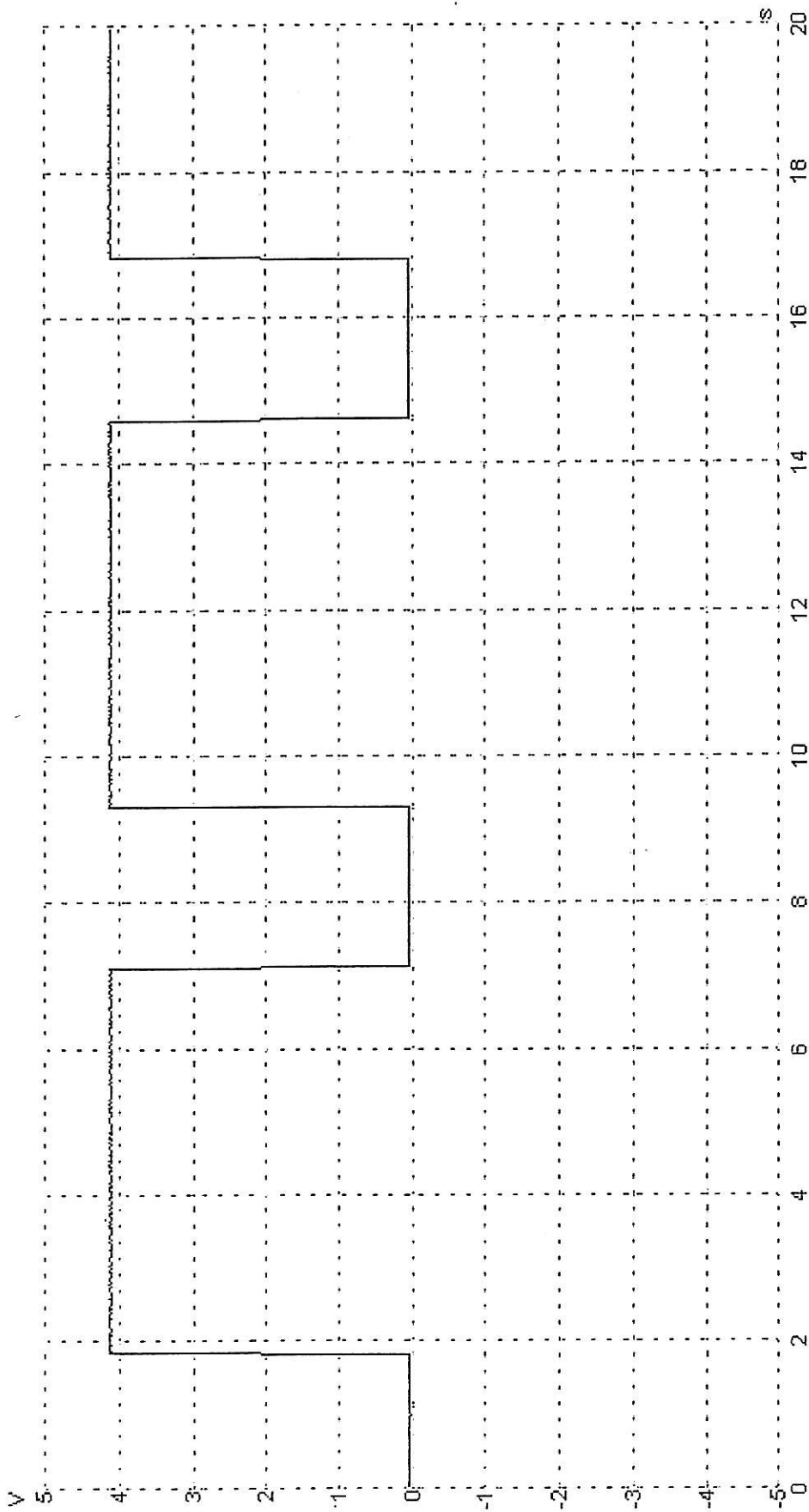
Dengan adanya tempoh, T maka frekuensi boleh diringkaskan dengan

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + R_B)C}$$

Dengan menggantikan nilai-nilai mengikut komponen seperti dalam Rajah

$$\begin{aligned} f &= \frac{1.44}{[(50 \times 10^3) + 2(33 \times 10^3)]100 \times 10^{-6}} \\ &= 0.124 \text{ Hz} \\ T &= \frac{1}{f} \approx 8.05 \text{ s} \end{aligned}$$

Tempoh bagi gelombang segiempat ini boleh diubah dengan melaraskan perintang boleh laras, tempoh ini adalah berkadar terus dengan nilai R_A .

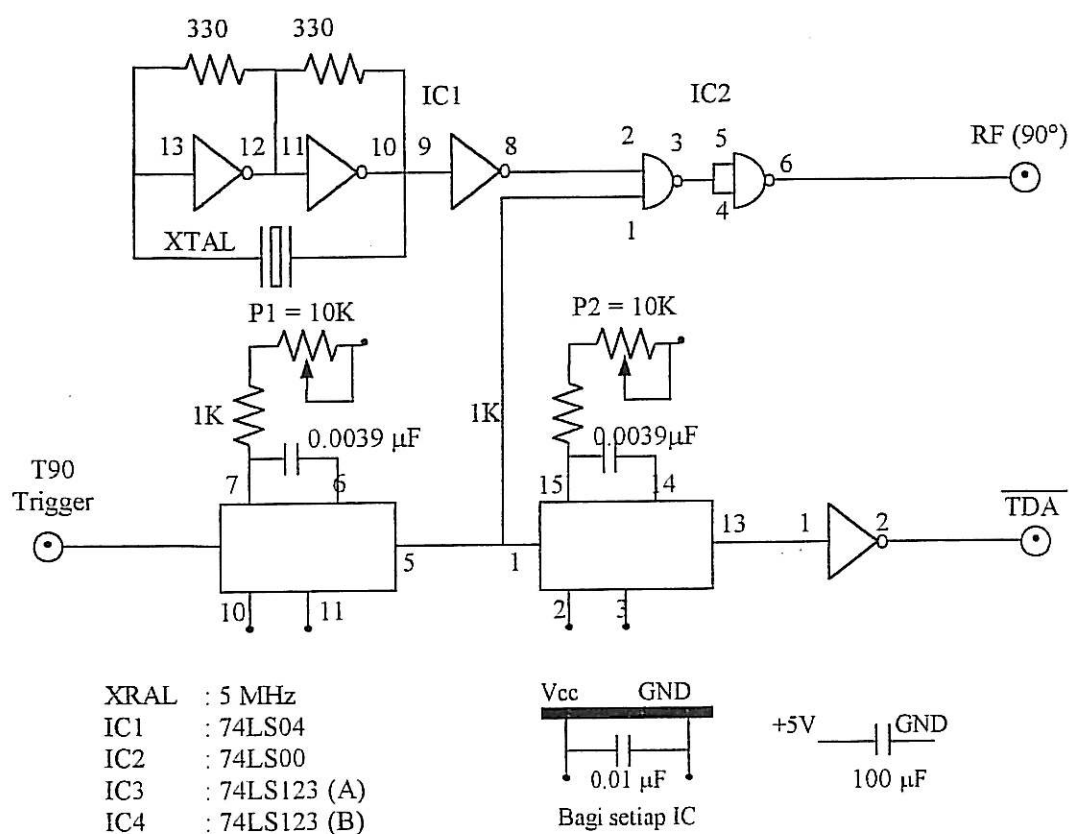


ch A: Maximum (mV) 4131
ch A: Minimum (mV) 28.08

Rajah 3.3 : Output bagi litar pemasa (*time base circuit*)

3.5 NMR pulse 90° and ringing damper generator circuit

Dalam litar ini seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.4 di bawah terdapat tiga IC (litar bersepadu) yang digunakan, iaitu 74LS04, 74LS00 dan 74LS123. IC1 (IC 74LS04) ini adalah terdiri daripada get "NOT", IC2 (IC 74LS00) pula terdiri daripada get "NAND" manakala IC3 dan IC4 ini yang bersifat *monostable* ini sebenarnya adalah terkandung dalam satu IC, iaitu IC 74LS123.

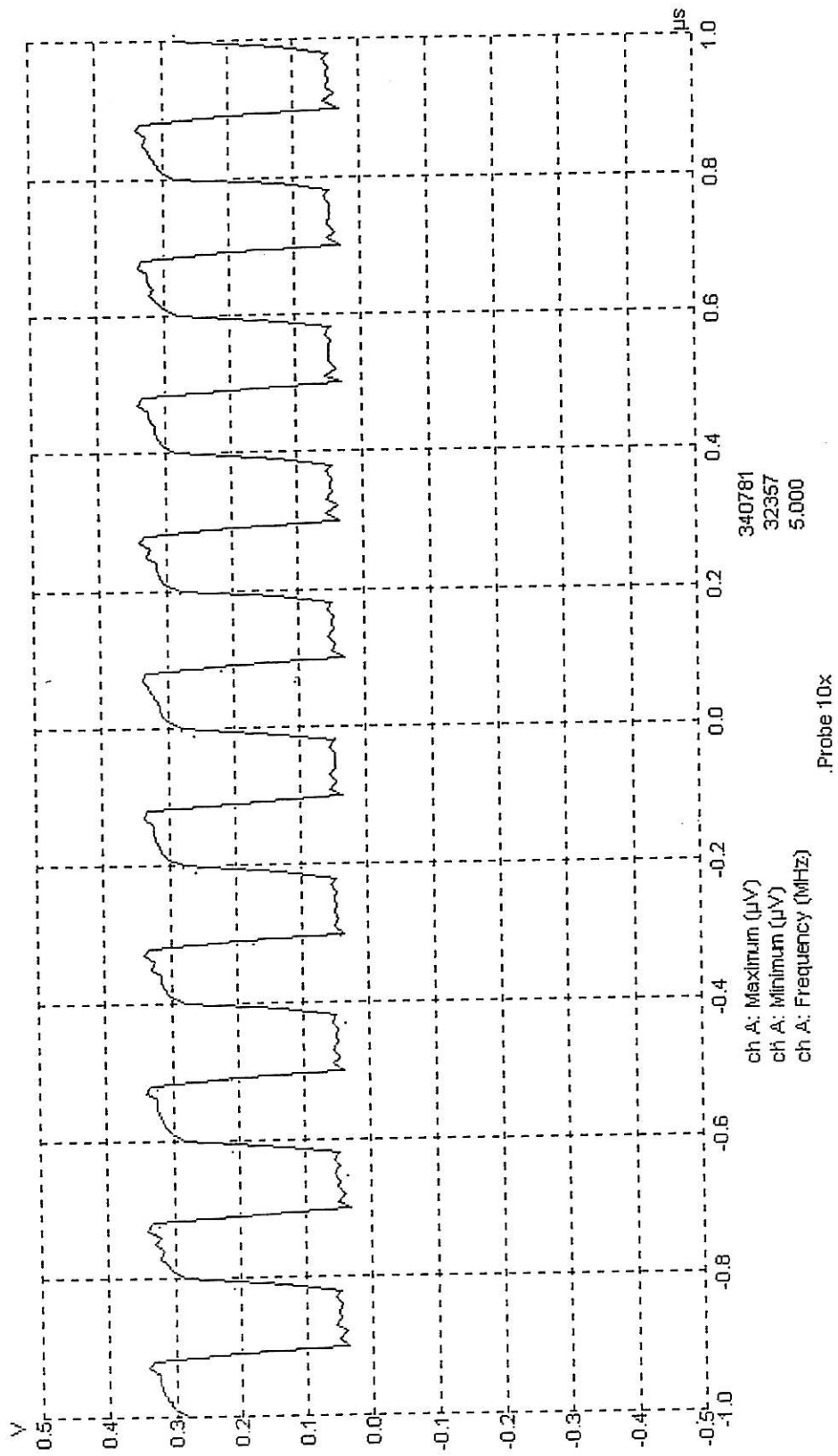


Rajah 3.4 : Pulse 90° and ringing damper generator

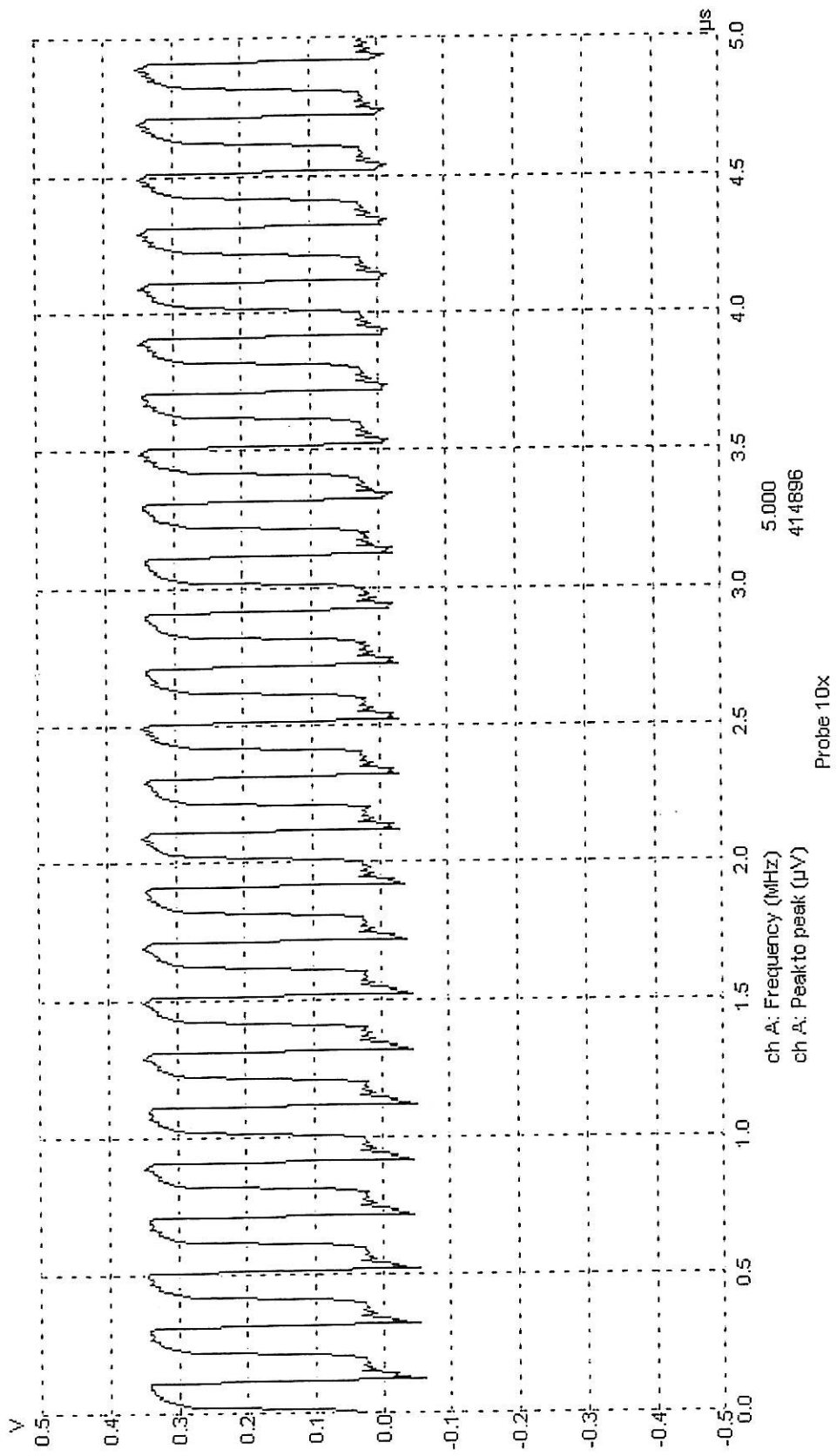
Crystal oscillator yang digunakan berfrekuensi 5 MHz. Jadi frekuensi yang dijanakan ialah 5 MHz yang diperlukan bagi spektrometer NMR ini. Output bagi litar pengayun ini yang diperoleh adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.5 akan disambungkan kepada get NAND pada IC2 (pin 2). Dan satu lagi pin bagi get NAND

ini menerima isyarat output daripada IC3 ini. IC3 ini adalah bersifat *monostable* dengan denyut 90° ini boleh dilaraskan dengan perintang boleh laras P_1 .

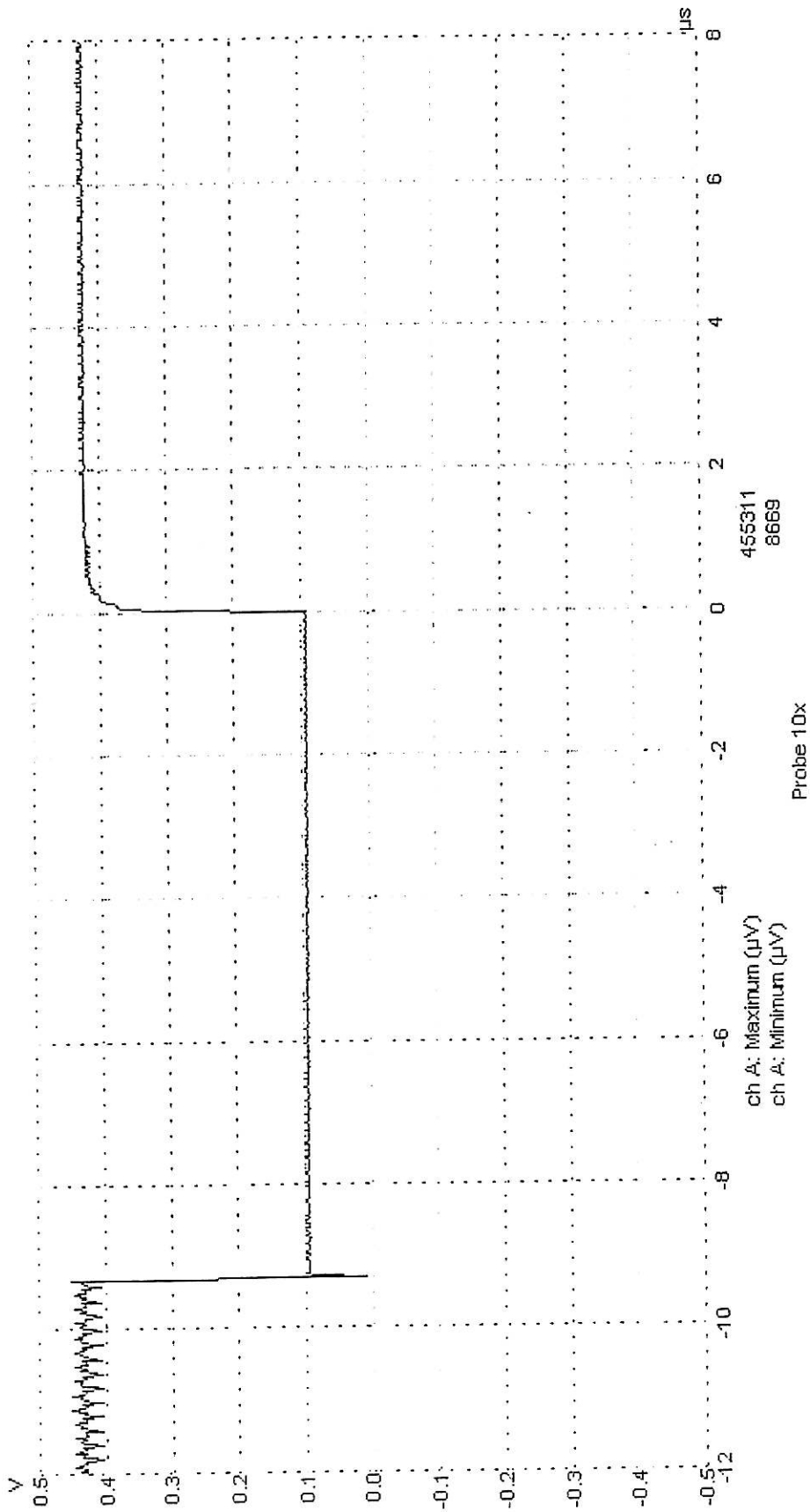
Fungsi get NAND yang satu lagi adalah untuk menyongsangkan isyarat dari get NAND sebelumnya. Isyarat bagi RF ini mempunyai voltan peringkat TTL dan akan mengerakkan pemancar dan seterusnya pemancar akan memancar isyarat tersebut ke *Communication circuit*. Isyarat input bagi IC3 itu adalah berpunca daripada litar pemasa yang isyaratnya berbentuk gelombang segiempat. Satu lagi IC4 yang *monostable* ini akan menjanakan denyut *damping* selepas denyut 90° masa bagi lebar denyut ini boleh dilaraskan dengan perintang boleh laras P_2 . Output bagi gelombang RF yang diperoleh adalah seperti dalam Rajah 3.6 manakala Rajah 3.7 pula menunjukkan output bagi gelombang berperingkat TTL.



Rajah 3.5 : Output bagi litar pengayun yang berfrekuensi 5 MHz.



Rajah 3.6 : Output bagi gelombang RF.



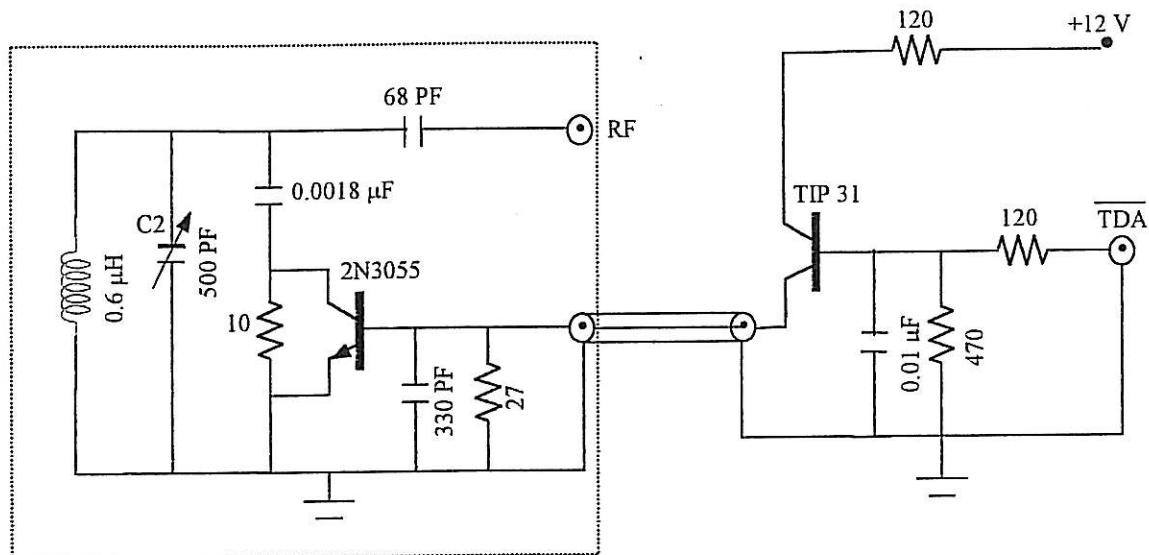
Rajah 3.7 : Output bagi gelombang berperingkat TTL.

3.6 *Active probe*

Litar *active probe* adalah terdiri daripada dua transisitor dan litar resonans seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.8. Litar adalah litar yang terpenting dan diletakkan di antara medan magnet yang dijanakan. Kesemua komponen yang digunakan mestilah tidak mengandungi sebarang unsur besi, ini adalah kerana sekiranya terdapat unsur besi ini akan menimbulkan gangguan ke atas medan magnet yang melalui sampel yang terkandung di dalam induktor (gegelung, dalam litar *active probe*). Oleh hal yang demikian, kotak yang mengisi litar ini adalah dibuat dengan kepingan aluminium bukannya kepingan besi. Dalam litar resonans ini, kapasitor utama iaitu $0.0018 \mu\text{F}$ adalah disambung secara sesiri dengan perintang 10Ω . Induktor L berdiameter 1cm dan panjangnya 2cm yang dibuat daripada wayar (gegelung) sebanyak 11 lilitan. Pada denyut 90° , perintang 10Ω akan dipintaskan oleh transistor 2N3055 di mana transistor ini berkeadaan "ON". Selepas denyut 90° tersebut, denyut kesan kelembapan akan menyebabkan transistor 2N3055 ini sekarang berkeadaan "OFF", maka pada masa ini, perintang ini dikatakan bertindak sebagai *dampner*. Kapasitor $0.0018 \mu\text{F}$ tersebut sekarang adalah sesiri dengan perintang 10Ω ini. Oleh itu nilai Q , iaitu faktor kualiti akan mengurang selepas arus mengalir melalui perintang 10Ω tersebut. Ini adalah kerana Q ini adalah berkadar songsang dengan perintang, R .

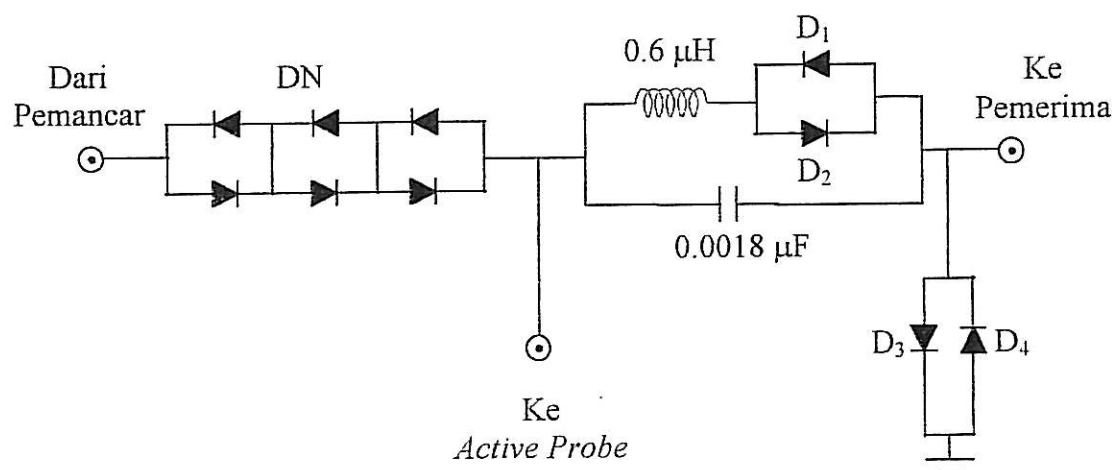
$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi f}{R}$$

Jadi, sebaik sahaja denyut kesan kelembapan tersebut ditamatkan, transistor 2N3055 akan bertukar keadaan kepada "ON" dan nilai Q akan dijana semula kepada nilai asalnya dalam beberapa mikrosaat sahaja. Pada keadaan biasa, transistor 2N3055 ini adalah berkeadaan "ON", dan hanya berkeadaan "OFF" ketika denyut kesan kelembapan.



Rajah 3.8 : Litar active probe

3.7 Commutation circuit



Rajah 3.9 : Commutation circuit.

Litar bagi komutasi yang telah dibuat adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.9. Ketika pada keadaan denyut 90° , kesemua diod berada dalam keadaan "ON", iaitu berkeadaan dalam rintang yang sangat rendah, hampir kepada 0Ω . Pada masa ini, output daripada *transmitter* boleh disampaikan kepada *active probe* ini dan begitu juga dengan diod D1, D2 ini adalah berkeadaan litar pintas. Oleh itu, induktor (gegelung) $0.6 \mu\text{H}$ ini akan beresonans secara selari dengan kapasitor $0.0018 \mu\text{F}$ pada frekuensi 5 MHz . Pada ketika ini, diod D3 dan D4 juga berkeadaan litar pintas. Oleh hal yang demikian, tiada sebarang isyarat yang dapat diterima oleh penerima (*Receiver*) ini. Dengan itu, diod D3 dan diod D4 ini bertindak sebagai pelindung bagi litar penerima yang telah dibuat.

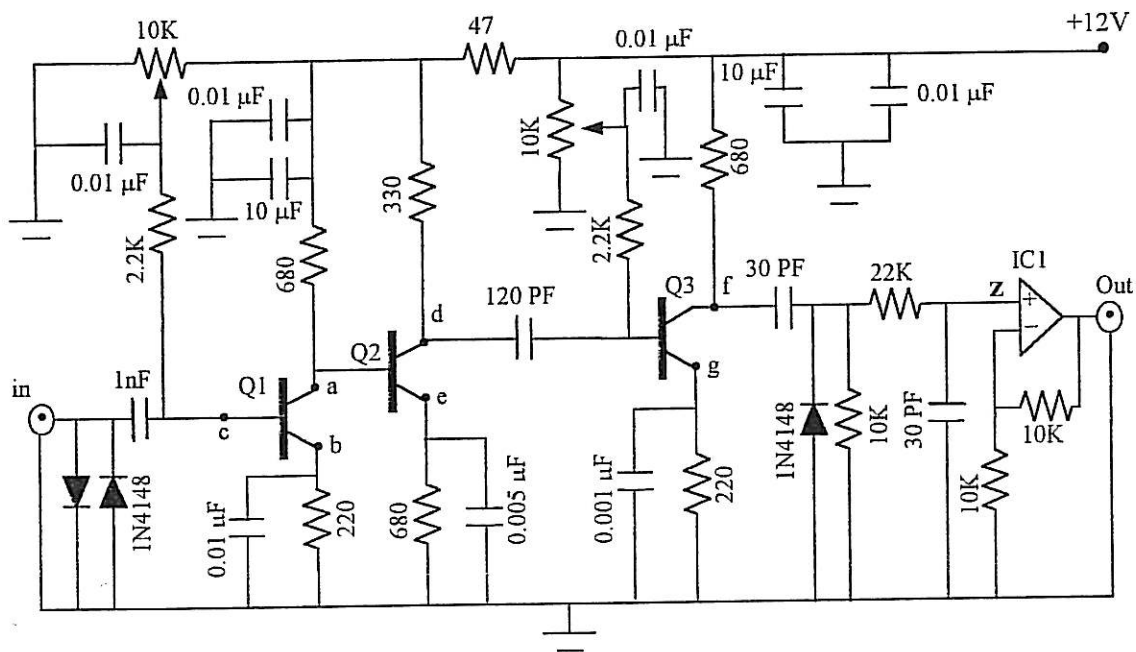
Pada ketika *transmitter* berkeadaan "OFF", ini bermakna pada ketika ini tiada sebarang isyarat yang keluar daripada *transmitter*, keenam-enam diod ini turut berkeadaan "OFF", maka isyarat hinggar turut akan dihalang memasuki litar penerima dan *active probe*. Diod D2 dan D3 yang berkeadaan "OFF" akan menyebabkan *active probe* dapat mengesan isyaratnya dari sampel dan isyarat ini akan dilalui menerusi kapasitor $0.0018 \mu\text{F}$, dan pada ketika ini impedans bagi kapasitor ini adalah berfrekuensi rendah pada frekuensi 5 MHz .

Diod bagi D3 dan D4 turut berada pada keadaan "OFF" atau berkeadaan impedans tinggi. Oleh itu, isyarat dari *active probe* akan terus memasuki penerima dan isyarat ini akan diamplicierkan dalam litar penerima yang telah dibuat.

3.8 Litar penerima (*The receiver*)

Litar penerima yang telah siap dibuat itu adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.10. litar penerima ini membolehkan isyarat yang diperolehi daripada *active probe*, iaitu isyarat NMR yang beramplitud sangat rendah. Oleh itu, isyarat NMR ini mestilah diamplicierkan supaya boleh dipaparkan oleh osiloskop.

Pada amnya, litar penerima ini terdiri daripada tiga transistor yang bertindak sebagai amplifler. Transistor-transistor tersebut adalah terdiri daripada transistor yang sama jenis ialah 2N3904 yang berlabel Q1, Q2 dan Q3 dalam Rajah 3.10 di bawah.

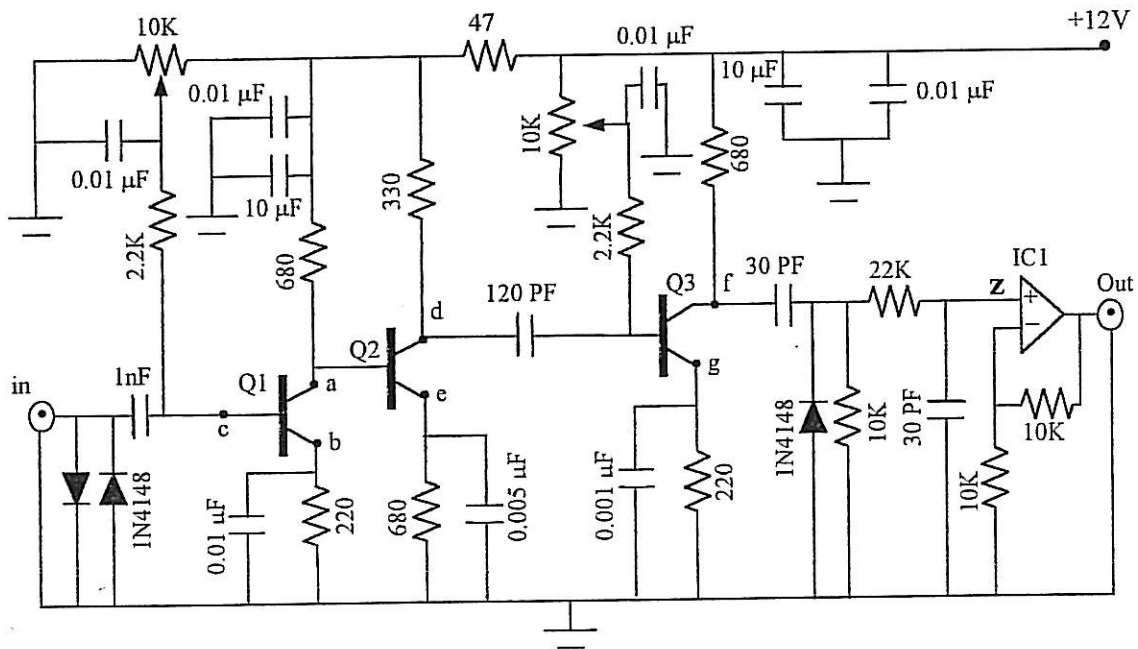


Q1, Q2, Q3 = 2N3904
IC1 = CA307

3.10 : Litar penerima

Litar ini telah diuji dengan membekalkan satu isyarat yang berbentuk sinus (penjana frekuensi RF) bervoltan puncak ke puncak input ini ($V_{in_{p-p}}$) adalah lebih kurang $70281 \mu\text{V}$ (seperti dalam Rajah 3.11) dengan frekuensi 10 MHz, manakala voltan puncak ke puncak output ($V_{out_{p-p}}$) pada transistor Q3, voltan outputnya yang diperoleh adalah lebih kurang $786569 \mu\text{V}$ (seperti dalam Rajah 3.12). Oleh hal yang demikian, gandaan voltan ini boleh dihitung dengan menggunakan persamaan:

Pada amnya, litar penerima ini terdiri daripada tiga transistor yang bertindak sebagai amplifler. Transistor-transistor tersebut adalah terdiri daripada transistor yang sama jenis ialah 2N3904 yang berlabel Q1, Q2 dan Q3 dalam Rajah 3.10 di bawah.



Q1, Q2, Q3 = 2N3904
IC1 = CA307

3.10 : Litar penerima

Litar ini telah diuji dengan membekalkan satu isyarat yang berbentuk sinus (penjana frekuensi RF) bervoltan puncak ke puncak input ini (V_{in-p-p}) adalah lebih kurang $70281 \mu V$ (seperti dalam Rajah 3.11) dengan frekuensi 10 MHz, manakala voltan puncak ke puncak output ($V_{out-p-p}$) pada transistor Q3, voltan outputnya yang diperoleh adalah lebih kurang $786569 \mu V$ (seperti dalam Rajah 3.12). Oleh hal yang demikian, gandaan voltan ini boleh dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$dB = 20 \log \left(\frac{V_{out_{p-p}}}{V_{in_{p-p}}} \right)$$

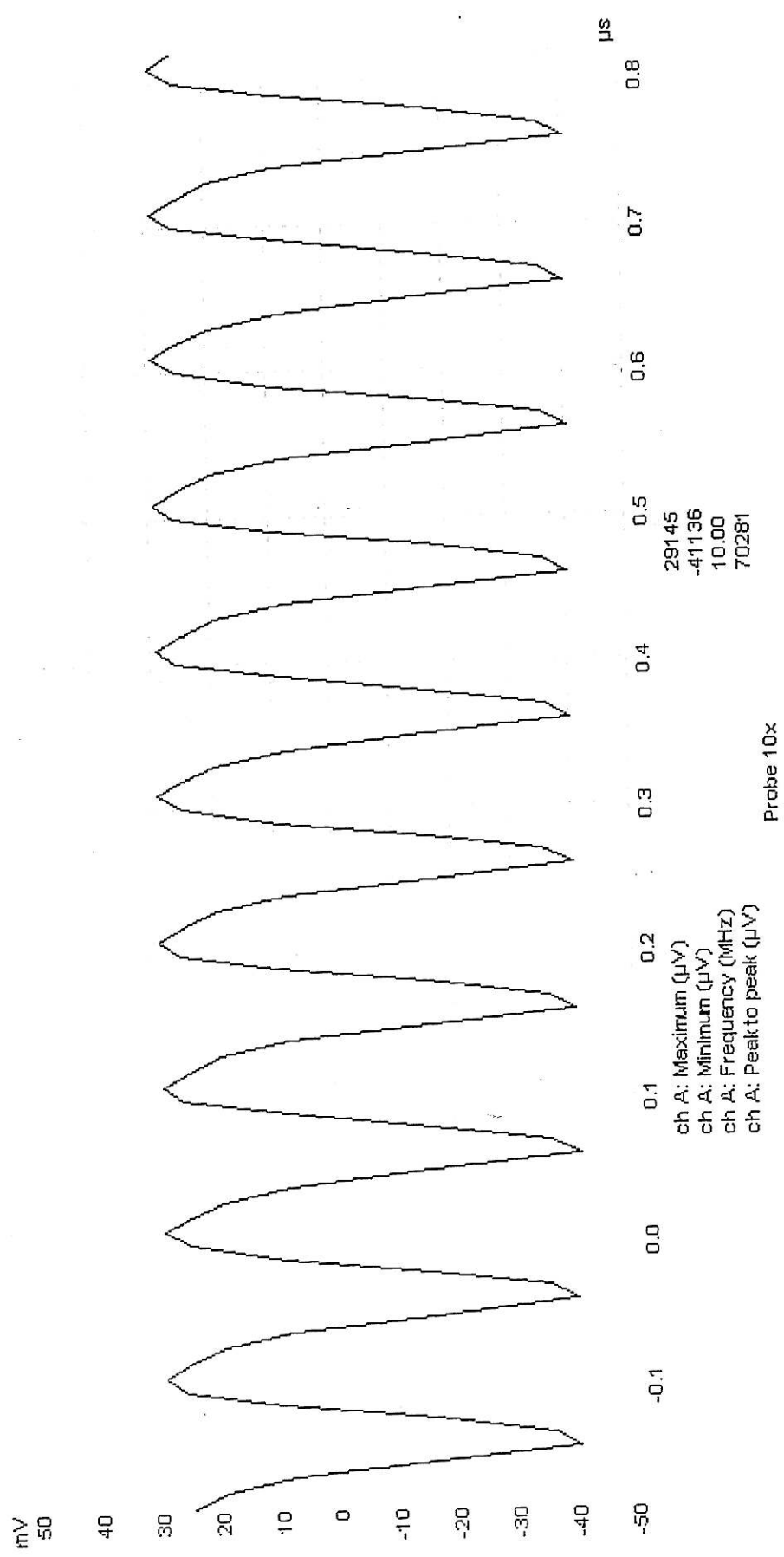
dengan dB ialah unit bagi gandaan (desibel)

oleh itu,

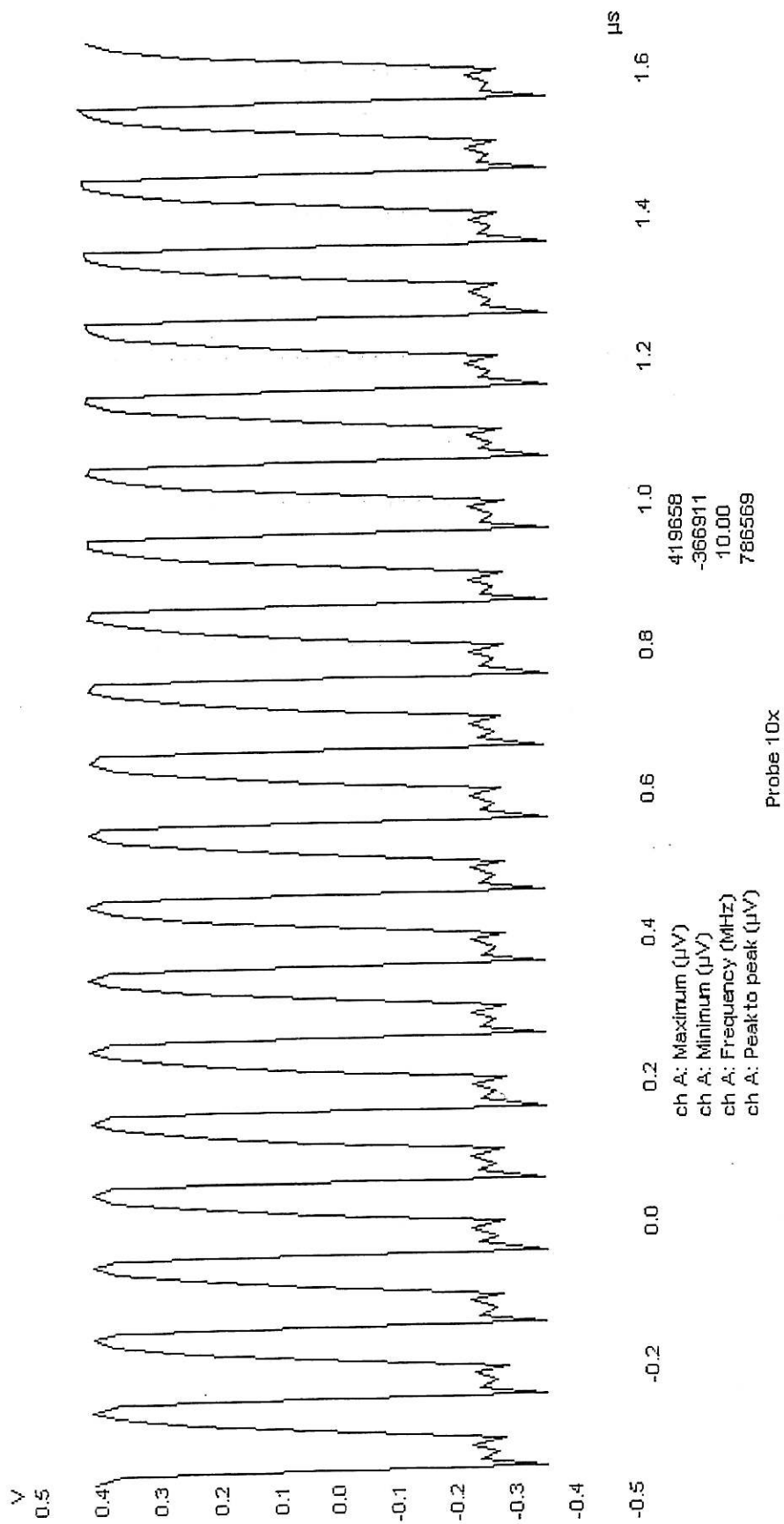
$$\begin{aligned} dB &= 20 \log \left(\frac{786569}{70281} \right) \\ &= 20 \log(11.1918) \\ &= 20(1.01489) \\ &= 20.98 \text{ dB} \\ &\approx 21 \text{ dB} \end{aligned}$$

Gandaan voltan yang diperolehi itu adalah lebih kurang 21 dB. Ini telah menunjukkan bahawa litar penerima ini boleh berfungsi dengan baik dan juga dapat mengamplifikan isyarat yang dibekalkan kepada input litar penerima ini. Malah voltan antara kaki transistor, iaitu pada kaki tapak dan kaki pemancar (V_{be}) telah diperolehi antara voltan (0.67 – 0.72)V. Ini telah menunjukkan bahawa ketiga-tiga transistor ini boleh beroperasi dengan keadaan yang betul dan baik.

Satu *comparator* digunakan dalam litar penerima ini yang terdapat pada IC CA307 yang disambung bersama-sama dengan perintang yang bertindak sebagai satu *high pass filter*. *High pass filter* ini membolehkan isyarat berfrekuensi tinggi (5 MHz) tidak dapat melaluinya manakala membenarkan isyarat berfrekuensi rendah melaluinya. Isyarat yang sampai ke titik z adalah terdiri daripada dua jenis isyarat, iaitu isyarat daripada *active probe* (isyarat NMR) dan satu lagi ialah isyarat dari *transmitter*. Jadi, isyarat yang hendak diambil cuma isyarat NMR sahaja, oleh itu, *high pass filter* ini akan membenarkan isyarat NMR sahaja melaluinya manakala isyarat daripada *transmitter* akan dibumikan sebaik sahaja melalui perintang 22 K Ω . Akhirnya, isyarat yang akan diperolehi adalah isyarat NMR sahaja seperti yang kita kehendaki.



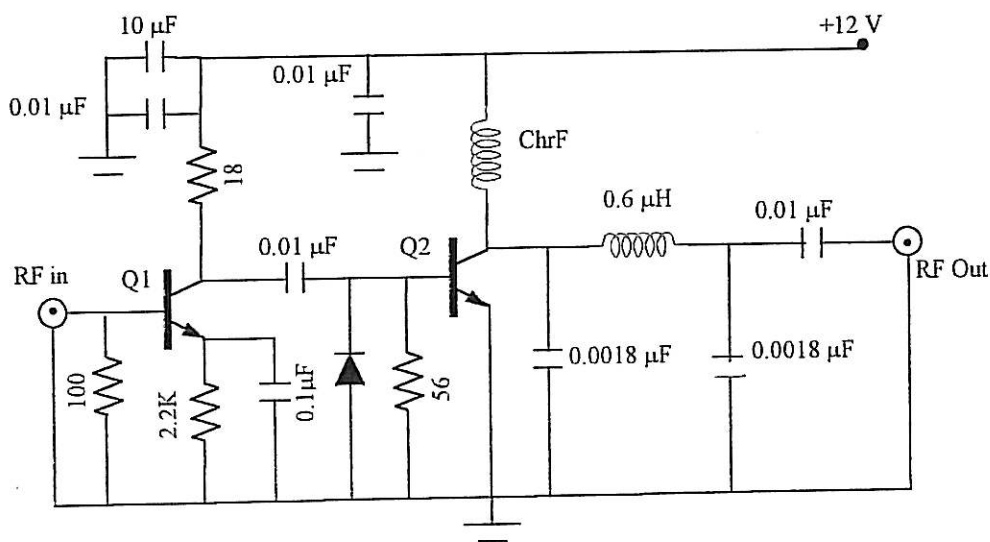
Rajah 3.11 : Isyarat daripada penjana frekuensi RF (berfrekuensi 10 MHz).



Rajah 3.12 : Output bagi transistor Q3 pada kaki pengumpul dalam litar penerima.

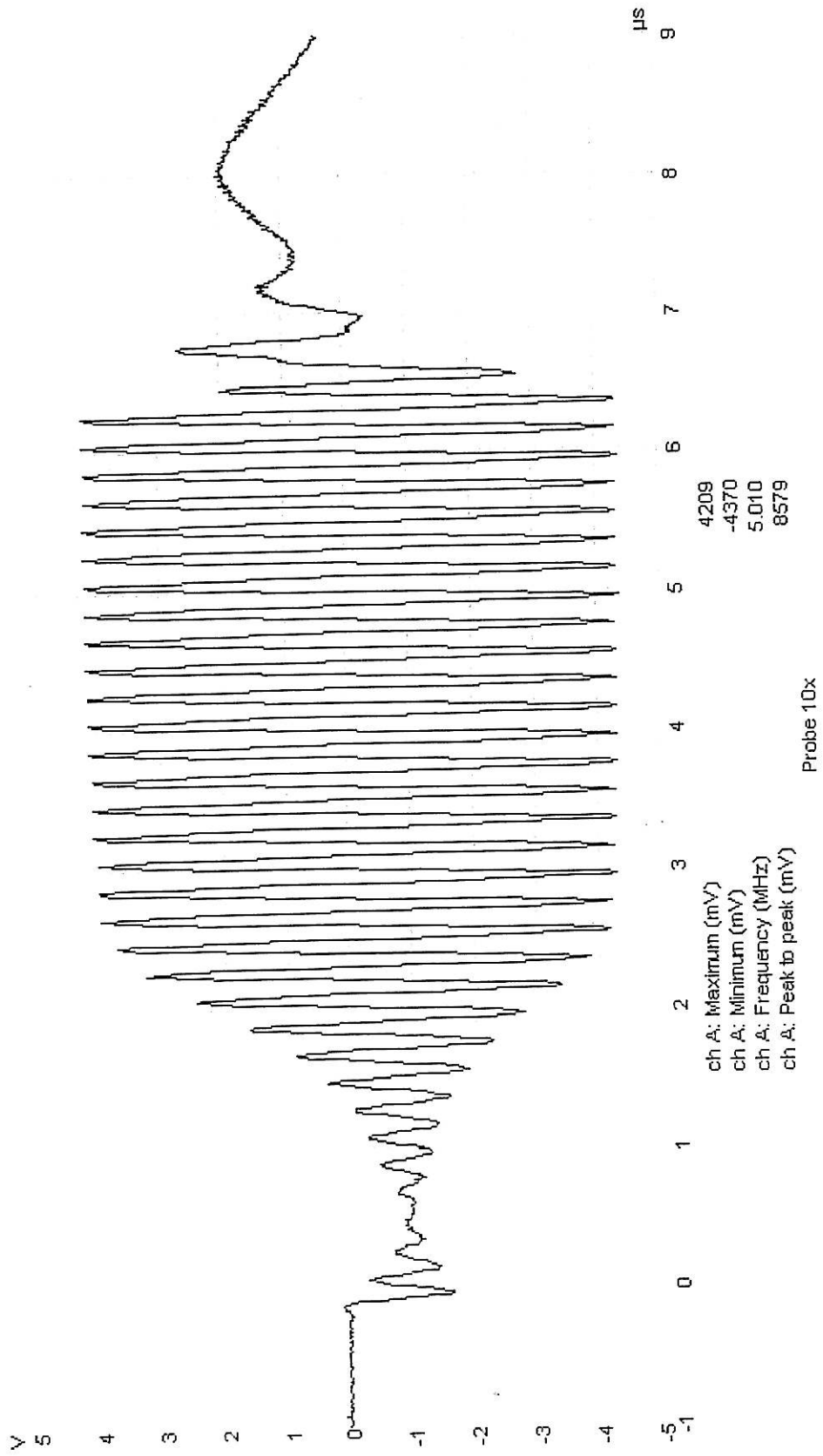
3.9 Litar pemancar (*Transmitter circuit*)

Dalam litar *transmitter* seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.13 ini mengandungi dua transistor yang memainkan peranan yang penting, iaitu berfungsi sebagai “PI” – *phase inversion* atau songsangan fasa [13].



Rajah 3.13 : Litar pemancar (*Transmitter circuit*).

Choke yang digunakan dalam litar ini merupakan satu choke RF berbentuk toroid yang digelungkan dengan wayar (gegelung) berdiamater 0.5 mm sebanyak beberapa lilitan. Choke RF ini dapat memastikan voltan DC 12V tersebut tidak diganggu oleh arus yang mengalir sampai pada kaki pengumpul bagi Q2 kerana impedansinya sangat tinggi. Dengan itu, voltan DC 12V ini hanya dapat mengalir menerusi choke RF ini dan choke RF ini akan menghalang arus mengalir balik ke DC 12V. Input bagi litar *transmitter* ini ialah isyarat daripada *commutation circuit* yang berperingkat TTL, iaitu 3 ke 5 volt. Apabila isyarat daripada *commutation circuit* dibekalkan kepada litar pemancar ini, satu isyarat yang berbentuk seperti dalam Rajah 3.14 akan diperolehi.

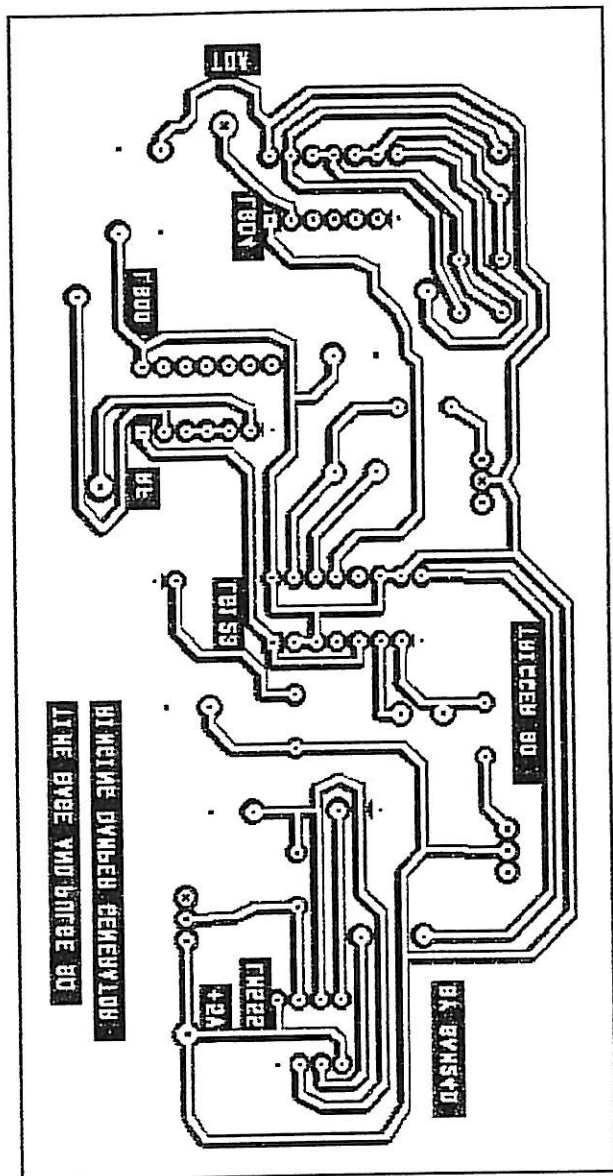


Rajah 3.14 : Output bagi litar pemancar.

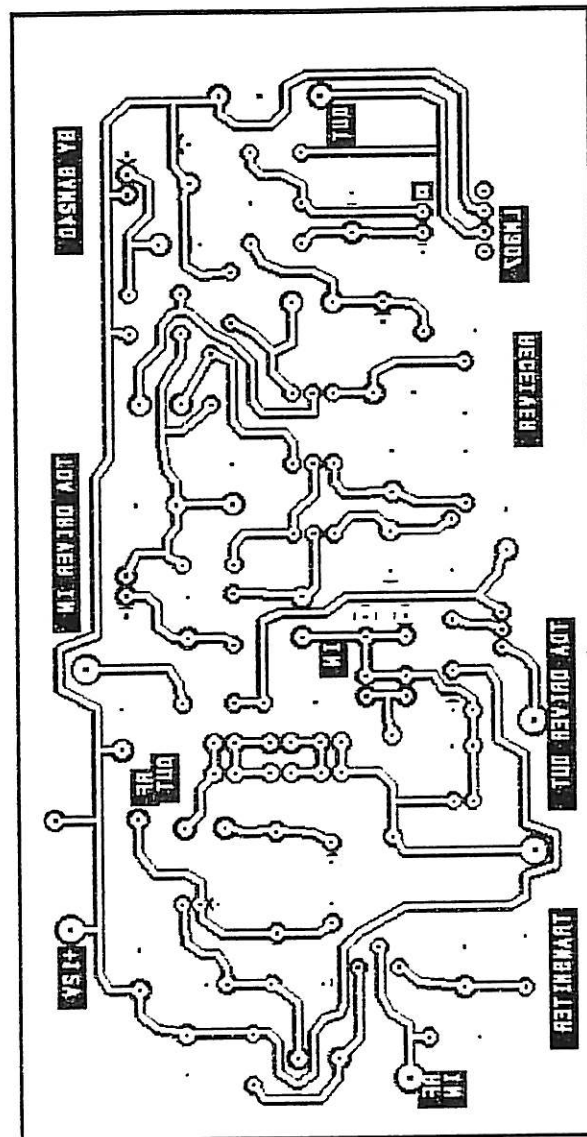
Litar *transmitter* ini adalah disambungkan antara *NMR pulse 90° and ringing damper generator circuit* dan *commutation circuit*. Daripada Rajah 3.14, frekuensi output yang diperolehi adalah sama dengan frekuensi daripada *NMR pulse 90° and ringing damper generator circuit* yang berfrekuensi 5 MHz. Tetapi isyaratnya berubah menjadi berbentuk pengayun yang disebabkan oleh induktor (gegelung) 0.6 μH . hal ini hanya wujud pada ketika denyut 90° berlaku. Induktor ini akan mengayun isyarat yang melaluinya supaya amplitud isyarat menjadi lebih tinggi dan dapat dikesan.

3.10 PCB

Dalam projek membina alat spektrometer NMR ini, dua keping PCB telah direkakan khas, salah satu adalah untuk litar pemasa (*Time Base Circuit*) dan *NMR pulse 90° and ringing damper generator circuit* (rujuk kepada Rajah 3.15), manakala yang satu lagi adalah untuk litar penerima (*The receiver*) dan litar pemancar (*The transmitter*) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.16. Akhirnya kedua-dua PCB ini telah dihasilkan dan kesemua komponen yang diperlukan telah dimuatkan di atas PCB. Tetapi bagi litar *active probe* dan *commutation circuit*, hanya dibina di atas *strip board* sahaja



Rajah 3.15 : PCB bagi litar pemasa dan NMR pulse 90° and ringing damper generator circuit (pandangan dari bawah).



Rajah 3.16 : PCB bagi litar penerima, litar pemancar dan litar TDA Driver. (pandangan dari bawah).

BAB IV

PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

Secara kesimpulannya, penyelidikan ini telah berjaya membina alat spektrometer NMR yang terdiri daripada lima litar penting. Kelima-lima litar tersebut ialah litar pemasa (*time base circuit*), *NMR pulse 90° and ringing damper generator circuit*, *Active probe*, litar penerima (*The receiver*) dan litar pemancar (*Transmitter circuit*). Spektrometer NMR ini adalah beroperasi pada frekuensi 5 MHz.

Litar pemasa akan menjanakan satu denyut masa yang berulang-ulang. Kemudian isyarat ini disambungkan kepada litar dalam *NMR pulse 90°* menerusi IC yang bersifat *monostable*, iaitu IC 74LS123. Isyarat output dari monostable ini yang berbentuk gelombang denyut tunggal akan diayunkan oleh satu *oscillator* 5 MHz. Akhirnya isyarat tunggal ini akan mengayun menjadi satu isyarat yang berbentuk gelombang RF dan berfrekuensi 5 MHz. Litar penerima berfungsi sebagai pembesar isyarat NMR yang diperoleh dari litar *active probe*. *Commutaation circuit* juga memainkan peranan yang penting bagi menghalang sebarang isyarat (terutamanya isyarat hingar) memasuki litar pemancar dan *active probe*. Hal ini berlaku hanya pada ketika pemancar berkeadaan "OFF". Manakala ketika litar pemancar berkeadaan "ON", iaitu ketika berkeadaan 90° litar ini akan membenarkan isyarat dari pemancar memasuki ke dalam *active probe*, tetapi tiada sebarang isyarat yang akan dikesan oleh litar penerima pada ketika ini.

Semua litar ini disambungkan dengan menggunakan sambungan BNC dan wayar *coaxial*. Ini adalah kerana wayar ini mempunyai impedans yang rendah dan hinggar yang wujud juga agak rendah jika berbanding dengan wayar biasa. Pada bahagian *active probe*, kotak, semua komponen atau bahan yang digunakan mestilah tidak mengandungi sebarang unsur besi yang akan mempengaruhi medan magnet ketika ujikaji dijalankan. Jadi kotak yang digunakan ialah kotak yang dibuat daripada aluminium.

Sebenarnya, suatu alat spektrometer NMR boleh menguji sampel sama ada dalam bentuk cecair atau pepejal. Walau bagaimanapun, ujikaji ini dijalankan dengan menggunakan sampel berbentuk cecair dan sampel yang digunakan cuma ialah air biasa (H_2O). Ini adalah kerana air ini adalah senang diperoleh dan murah dari segi kos. Sampel ini akan dimasukkan ke dalam satu lubang yang dibuat khas untuk sampel dan kedudukan sampel ini semestinya berada dalam satu gegelung yang berada di antara medan magnet. Secara keseluruhannya kesemua litar yang dibina dalam projek ini telah diuji secara berasingan dan didapati setiap litar telah memberikan output yang positif seperti apa yang dikehendaki. Tetapi apabila ujikaji dijalankan ke atas sampel, isyarat NMR yang dikehendaki tidak diperoleh. Jadi ujikaji dengan menggunakan spektrometer NMR 5 MHz ini terhadap sampel telah gagal dijalankan. Hal ini adalah disebabkan oleh ketidakseragaman medan magnet atau boleh disebut sebagai ketidakhomogen medan magnet yang dibekalakan pada sampel. Dan begitu juga dengan nilai medan magnet, iaitu sebanyak 1174 G yang tetap tidak diperoleh. Nilai medan magnet yang sentiasa berubah-ubah dan tidak tetap ini akan menyebabkan frekuensi resonans pada 5 MHz tidak berlaku pada denyut 90° .

Oleh hal yang demikian, untuk memperbaiki alat spktrometer NMR ini, satu *shimming coil* boleh ditambahkan dan diletakkan antara gegelung di mana sampel diletakkan. Tujuan *shimming coil* ini adalah untuk menghomogenkan medan magnet mengikut paksi-paksi tertentu (M_x , M_y dan M_z) dengan tersusun dan tiada sebarang kebocoran medan magnet berlaku. Akhirnya, *shimming coil* tidak sempat direka dan dibuat, malah ini memerlukan suatu tempoh yang agak panjang jika hendak mereka dan menghasilkannya.

RUJUKAN

- [1] Bloch, F, Hansen, W W dan Packard, M (1969). "The Pinciple of Nuclear Induction." Dalam: Hendee, William R, Ritenour, E Russell, Medical Imaging Physics, St. Louis: Mosby-Year Book, Inc. ; m.s 564
- [2] Purcell, Torrey, dan Pound (1946), "Research in Nuclear Magnetism." Dalam: William R.Hendee, E.Russell. Medical Imaging Physics. St. Louis: Mosby-Year Book, Inc. ; m.s 564
- [3] B. Greg. "Nuclear Magnetic Resonance" (2001), <http://www.varianinc.com>
- [4] Pavia, D.L., Lampman, G.M., and Kriz Jr, G.S. (1992). "Introduction To Spectroscopy."Holt, Rinehart and Winston: Saunders College Publishing.
- [5] Paudler, W W (1987). "Nuklear Magnetics Resonance, Genaral Concerpts and Applications." New York : John Wiley
- [6] Kemp, W (1986), "NMR in Chemistry-A multinuclear Introduction." Edisi pertama, London : Macmillan Education Ltd.
- [7] Hendee, W R, Ritenour, E R (1992). "Medical Imaging Physics." Edisi ketiga, St. Louis : Mosby-Year Book Inc.
- [8] Memory, J. D. (1968). "Quantum Theory of Magnetic Resonance Parameters." Ann Arbor, Michigan, USA. London, England: McGraw-Hill Book Company. 1 – 4

- [9] The Malaysian Society of Radiographers (1995). "Principle of MR Imaging." Magnetic Resonance Imaging Weekend Course, Philips Medical System.
- [10] William, W.P. (1971). "Nuclear Magnetic Resonance." Boston, Allyn and Bacon, Inc.
- [11] F.A.Rushworth and D.P.Tunstall (1973). "Nuklear Magnetic Resonance." New York: Gordon and Breach Science Publishers.
- [12] LakeShore (1996). "EM4 Series 4 inch Electromagnets User's Manual." USA., Lakeshore Crytronics, Inc.
- [13] Grob, B. (1984). "Basic Electronics". Jilid (5) McGraw-Hill Book Company