

2004年度 卒業研究

計測器をコンピュータにつなぐための
インターフェイスの製作

山形大学 理学部物理学科 クォーク核物理学研究室

01312016 宍戸 智浩

2005年 2月 25日

概要

山形大学クォーク核物理研究室では、偏極ターゲットを用いた実験を行っている。偏極ターゲットの開発には、高磁場、極低温、真空、高周波、マイクロ波、電子スピン共鳴（ESR）、核磁気共鳴（NMR）などさまざまな技術が必要である。これらすべての技術を駆使して、高性能偏極ターゲットの開発を行うことができる。

また、その中で使われる測定器をコンピュータで制御することも必要となる。そのために、コンピュータとそれらの測定器をつなぐためのインターフェイスを製作した。今回は、NMR装置の制御をするためのインターフェイスと真空計の真空度を随時コンピュータに取り込むためのインターフェイスの二つを手がけた。

製作するにあたって、使用する IC の動作原理やインターフェイスとしての回路の理解を深め、要求される性能を持たせる必要がある。そこで、IC の動作原理からインターフェイスとしての回路を考えることとなった。実際にインターフェイスを製作し、要求される動作が行われるか評価する。

目次

第1章 はじめに

第2章 NMR装置につなぐためのインターフェイス

- 2. 1 目的
- 2. 2 TTLとPhotoMOSリレー
 - 2. 2. 1 TTL
 - 2. 2. 2 NOTゲートの基本動作
 - 2. 2. 3 PhotoMOSリレーの動作
- 2. 3 製作したインターフェイス
- 2. 4 考察

第3章 真空計につなぐためのインターフェイス

- 3. 1 目的
- 3. 2 OPアンプを使った回路
 - 3. 2. 1 OPアンプの動作原理
 - 3. 2. 2 差動増幅器の原理
 - 3. 2. 3 1/2減衰回路の原理
- 3. 3 製作したインターフェイス
 - 3. 3. 1 製作した回路
 - 3. 3. 2 真空計とRBS-ADへの接続
- 3. 4 性能評価
 - 3. 4. 1 差動増幅器と1/2減衰回路の理論値
 - 3. 4. 2 差動増幅器と1/2減衰回路の測定値
- 3. 5 考察

第4章 まとめ

第1章 はじめに

実験をするためにはさまざまな技術が使われる。その中で使用される測定器をコンピュータで制御することも必要となる。そのために、コンピュータとそれらの測定器をつなぐためのインターフェイスを製作した。第2章では、NMR装置の制御をするためのインターフェイスについて説明する。その中で使われたTTLやPhotoMOSリレーの基本動作から考えていく。第3章では真空計の真空度を随時コンピュータに取り込むためのインターフェイスについて説明する。OPアンプの原理や実際製作した差動増幅器・1/2減衰回路の原理を考え、その性能を評価する。第4章では、これらのまとめを行う。

第2章 NMR装置につなぐためのインターフェイス

この章では、NMR装置の制御をするためのインターフェイスについて説明する。その中で使われているTTLとそのNOTゲートの基本動作、PhotoMOSリレーの動作について示し、製作したインターフェイスを説明していく。

2.1 目的

ここで製作するインターフェイス（回路）は、NMR装置をコンピュータで制御するためのものである。すなわち、ON・OFFの切り替えを行うものである。今までのようなコンピュータでのデータ管理に加え、これによって装置の管理もできるようになる。

2.2 TTLとPhotoMOSリレー

2.2.1 TTL

デジタルICは基本的に2種類の電圧しか出すことのできないICである。そのデジタルICの種類の中でTTLというものがある。これは、Transistor-Transistor Logicの略称で、トランジスタが組み合わさって出来ている。TTLは0～5Vで動作し、入力がある一定の電圧を超えているかどうかによって出力される電圧が異なる。

また、ICが互いに接続可能になるためには、電源電圧、電気的特性、動作原理などが同じでなくてはならない。ICはこれらの電気的条件をそろえたグループに分けられ、それぞれのグループの中では互換性を持つように作られている。このグループのことをファミリと呼ぶ。代表的なものとして、74シリーズと呼ばれるデジタルICファミリがある。このシリーズも高速化・省電力化が進み、今では様々な種類がある。しかし、異なるメーカーでも、そのICの製品番号が同じなら全く同じICとして使うことができる。例えば、7406という製品番号さえわかれば良いのである。この06という番号によってICの基本的な働きが決定される。その働きは、いろいろな機能のゲートとして表される。AND、OR、NOT、NAND、NORなどのゲートがある。次の2.2.2では、その中のNOTゲートの基本動作について説明する。

2. 2. 2 NOT ゲートの基本動作

インターフェイスに使用した TTL は NOT ゲートである。この NOT ゲートの入力に L (Low) レベル、H (High) レベル電圧を接続した場合を考える。NOT ゲートは、入力に H レベルを入れると出力は L レベルに、入力に L レベルを入れると出力は H レベルの電圧が出力されるものである。TTLIC は、0 V (Low) と +5 V (High) の 2 通りの電圧しか出さないため、この電圧のレベルを Low、High レベルと表示する。

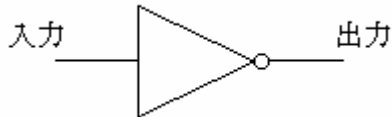


図 1 : NOT ゲート

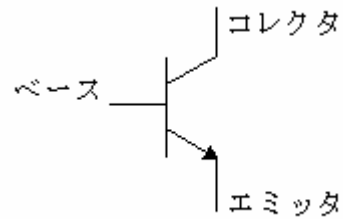


図 2 : トランジスタ

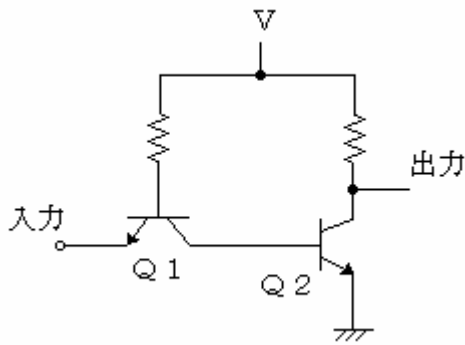


図 3 : NOT ゲートの基本回路

図 1 は NOT ゲートの記号である。図 2 の記号はトランジスタで、ベースに電圧をかけたときには、ベース電流が発生し、コレクタにも電流が流れる。すなわち、トランジスタは ON になる。ベース電圧がゼロのときはベース電流が発生しないため OFF となる。図 3 は NOT ゲートの基本回路である。Q1、Q2 はトランジスタを示す。通常 TTL には +5 V の電源電圧が用いられる。

(a) 入力が L レベルの場合

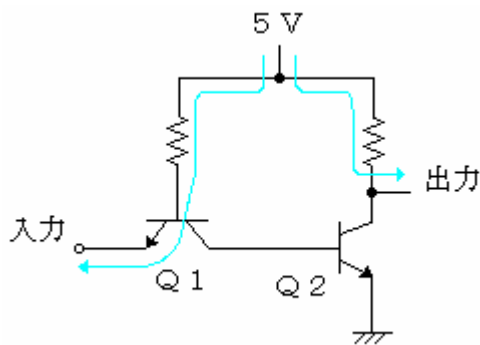
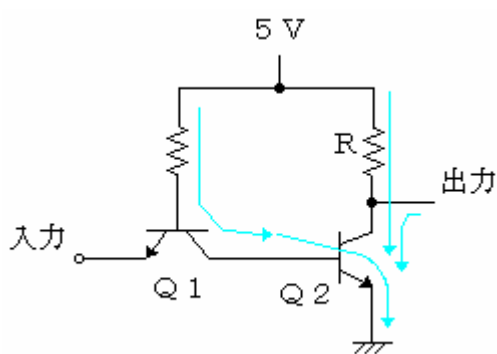


図 4 : L 電圧のときの動作

入力が L 電圧が接続された場合は、トランジスタ Q1 のベース-エミッタ間にベース電流が流れて、ON 状態となる。Q1 が ON 状態で出力側トランジスタ Q2 のベース電流が必要とする方向の電流を供給できない。このため Q2 はベース電流が流れないので OFF となる。したがって、Q2 のコレクタ-エミッタ間には電流が流れず、出力電圧は電源電圧とほぼ等しい H 電圧となる。

(b) 入力がHレベルの場合



入力が H 電圧が接続された場合は、Q1 はエミッタとコレクタの役割を逆にした形で ON 状態になる。このため Q2 にベース電流が供給されて、Q2 も ON となる。このため抵抗 R には電圧降下が生じて出力電圧が減少する。出力電圧は Q2 のコレクタ-エミッタ間の飽和電圧 0.3V 程度なので GND 電位より高くなるが、ほとんど GND 電圧と等しい L 状態となる。

図 5 : H 電圧のときの動作

2. 2. 3 PhotoMOS リレーの動作

PhotoMOS リレーは LED を使った無接点リレーである。このリレーには LED、パワー MOSFET、光電素子（太陽電池）が使われている。基本的に IC は、図 6 でわかるように左上にある丸いくぼみのところのピンを 1 番とし、そこから半時計回りにピン番号が増えていく。

図 6 の端子番号 1 と 2 が入力端子である。ここに電流を流すことで 3 と 4 が導通状態になる。この動作は以下ようになる。

- ①入力端子に信号電流が流れると、入力側の発光素子（LED）が発光する。
- ②発光された光は LED と対向に設けられた光電素子（太陽電池）に透明シリコンを通して照射される。
- ③光を受けた光電素子は光の量に応じて電圧に交換し、この電圧は制御回路を通して出力部の MOSFET ゲートを充電する。
- ④光電素子により供給される MOSFET ゲート電圧が設定電圧値に達すると、MOSFET が導通状態となる。

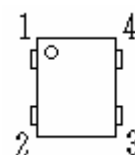


図 6 : PhotoMOS リレー

FET(field-effect transistor)は電界効果型トランジスタの略称である。MOS とは metal oxide semiconductor の略称で、金属と酸化膜と半導体が 3 重構造になっている。酸化シリコン (SiO₂) 膜を使ったものは、とくに MOS 型と呼ばれる。この PhotoMOS リレーに用いられているパワー MOSFET は、スイッチング速度が速く、高速デジタル信号やアナログ信号の用途に適し、電圧駆動型であるため、スイッチングノイズを低減したい用途などに適している。

2. 3 製作したインターフェイス

図7の回路はNMR装置の電源をコンピュータで制御するためのものである。NMR装置の電源はリモを導通させることによってONに切り替えることができる。そこでこの回路を使ってON・OFFの切り替えをしようというものである。

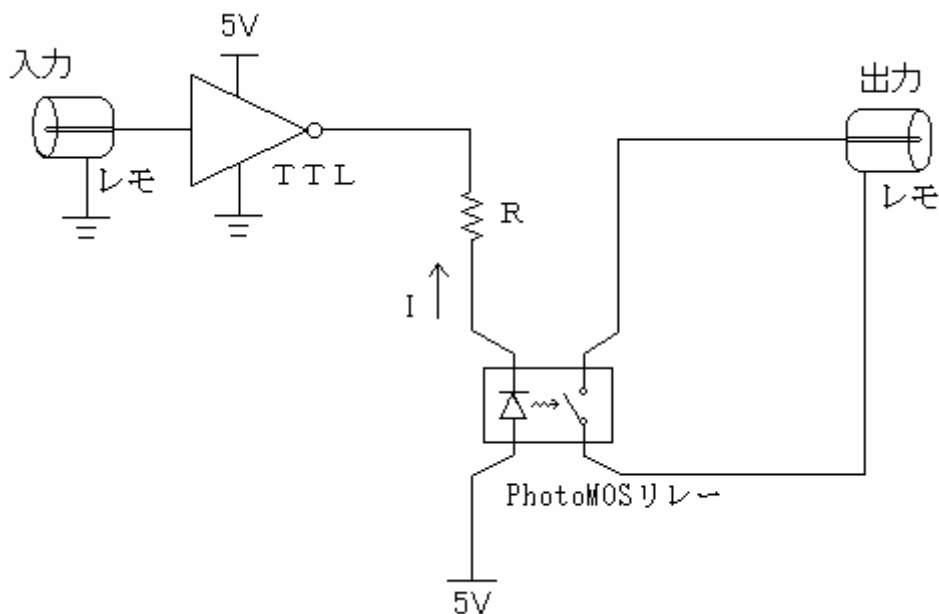


図7：製作した回路

この回路の動作は、入力を5VにすることによってNOTゲート(TTL)の出力が0Vになり、電流Iが流れ込む。電流Iが流れ込むことによって、PhotoMOSリレーが作動し、その出力端子が導通状態となる。これによりNMRはON状態となる。

回路に使われているTTLはSN7406で、PhotoMOSリレーはAQY210EHを使用している。PhotoMOSリレーの動作LED電流の最大は3mAなので、 $I \approx 2.7\text{mA}$ とするために $R=1820\Omega$ とした。PhotoMOSリレーに接続されている電圧も電源電圧と同じ値である。電源電圧は約5V(4.96V)である。図7の回路を1セットとし、6セット製作した。

2. 4 考察

NMR装置をON状態にするということは、この回路のPhotoMOSリレーが導通するかどうかにかかっている。そこで、実際にNMR装置に接続する前に入力に5Vの電圧をかけ、正常に動作するかを調べた。その結果、5Vかけたとき6セットすべて導通した。また、入力電圧を下げていった結果、1.3~1.4Vで導通しなくなることがわかった。実際に使用する場合、5V付近で電圧をかける。このようにして接続した回路は正常に作動した。

第3章 真空計につなぐためのインターフェイス

この章では、真空計から出される電圧を、コンピュータに読み込むためのインターフェイスについて説明する。このインターフェイス（回路）には OP アンプが使われる。回路は差動増幅器と 1/2 減衰回路の 2 種類ある。まず、OP アンプの動作原理とその 2 種類の回路の原理を説明する。次に、製作したインターフェイス、真空計と RBS-AD への接続について示す。最後に 2 通りの回路についての性能評価を行う。

3. 1 目的

使われる真空計は、測定している真空度に対応する電圧を出している。真空計には 2 種類あり、それぞれに対応するように 2 種類の回路が必要となる。一方の真空計は、その電圧を差動増幅器によって増幅し、最大電圧が 5V になるようにする。もう一方は、電圧を 1/2 減衰回路によって、1/2 倍にし、こちらも最大電圧が 5V になるようにする。この回路を真空計と RBS-AD へつなぎ、コンピュータに接続する。また、製作した回路について性能評価を行い、実際の回路の増幅倍数を求める。

3. 2 OP アンプを使った回路

3. 2. 1 OP アンプの動作原理

OP アンプとは演算増幅器と呼ばれる IC (Integrated Circuit : 集積回路) である。この OP アンプは基本的には入力 1 と入力 2 に与えられた信号の電圧差を数千倍に増幅する回路である。抵抗やコンデンサと違って、OP アンプは信号を増幅するため、基本的に電源が必要である。大抵の OP アンプにかける電源電圧は 5V 程度から 24V 程度のものなどいくつもの種類がある。OP アンプは数十個のトランジスタや抵抗、コンデンサで構成されている。内部構造は複雑であるが、それを使う側はどのような機能をもつか、どのような場合に使えるか、どのような限界があるかを知っておけば十分である。

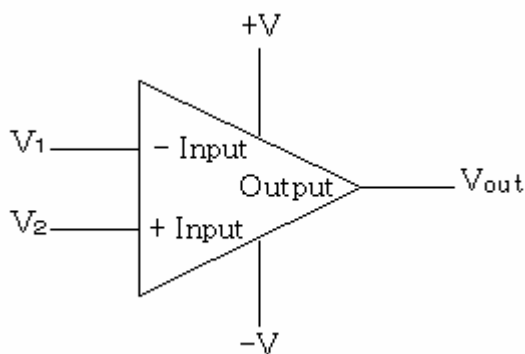


図 8 : OP アンプ

図 8 は OP アンプの記号である。 V_1 と V_2 は入力電圧である。 $+V$ 、 $-V$ は OP アンプの電源電圧である。 V_{out} は出力電圧を示す。

OP アンプの動作原理を理解する上で3つの基本事項がある。これはすべての OP アンプに対して同様である。

1. OP アンプは2つの入力の電圧差をゼロにしようとする。
2. OP アンプの入力にはほとんど電流が流れ込まないし、流れ出さない。OP アンプの出力は、電流を流し出せるし、逆に流れ込みもする。
3. OP アンプの出力電圧はある一定を超えない。(通常は OP アンプにかける電源電圧であることが多い)

OP アンプの代表的な使い方には基本的に4つある。それらは反転増幅器、非反転増幅器、コンパレータ、差動増幅器である。3. 2. 2では、その中から製作した回路で使われている差動増幅器について説明する。

3. 2. 2 差動増幅器の原理

図 9.1 は、差動増幅器の回路図である。以下では OP アンプの基本事項を考慮して動作を考える。この回路は、出力に $(V_2 - V_1)R_2/R_1$ という電圧を出力する回路である。入力の2つの電圧差をある倍数にするため、差動増幅器と呼ばれる。

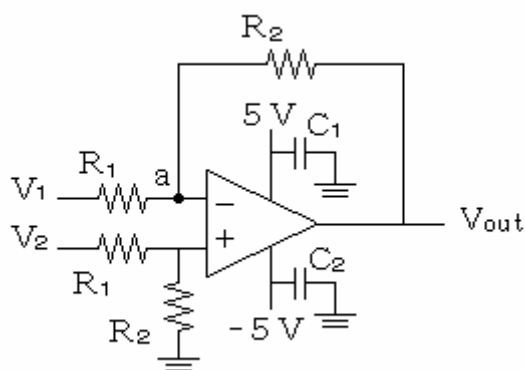


図 9.1 : 差動増幅器

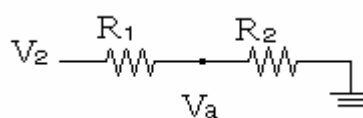


図 9.2

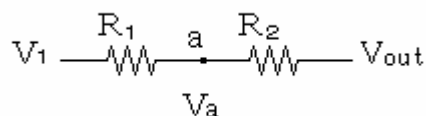


図 9.3

図 9.2 は、図 9.1 の V_2 から GND までを示している。図 9.3 は、図 9.1 の V_1 から V_{out} までを示している。ここでは電源電圧は $\pm 5V$ とする。

まず回路の入力に V_1 、 V_2 の電圧を加えたとする。ここで図 9.2 での V_a は

$$V_a = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_2 \quad (3. 1)$$

したがって、OP アンプのプラス側の入力端子電圧は V_a となる。規則 1 から OP アンプの両入力の電圧差をゼロにしようとするため、図 9.3 の a 地点での電圧も V_a となる。ここでは

考えやすいように $V_a > V_1$ とする。 V_1 と V_a の間には R_1 の抵抗があり、OP アンプのマイナス側の入力から V_1 に向かって電流が流れることになる。しかし、規則 2 から OP アンプの入力は電流を流すことができない。したがって、電流は OP アンプの出力側から R_2 の抵抗を流れて流れるしかない。このときの OP アンプの出力電圧 V_{out} は

$$V_{out} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) V_a - \left(\frac{R_2}{R_1} \right) V_1 \quad (3.2)$$

(3.1) 式より V_a を代入すると、

$$V_{out} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_2 - \left(\frac{R_2}{R_1} \right) V_1 \quad (3.3)$$

$$V_{out} = (V_2 - V_1) \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \quad (3.4)$$

したがって、(3.4) 式より、差動増幅器の出力電圧 V_{out} は、入力電圧の電圧差 $(V_2 - V_1)$ の R_2 / R_1 倍になることがわかる。すなわち、 R_1 と R_2 の比によって入力の電圧差を何倍にするかを決定できるのである。

3.2.3 1/2 減衰回路の原理

図 10.1 は 1/2 減衰回路の回路図である。この回路は入力電圧 V_{in} の 1/2 倍の電圧を出力する回路である。

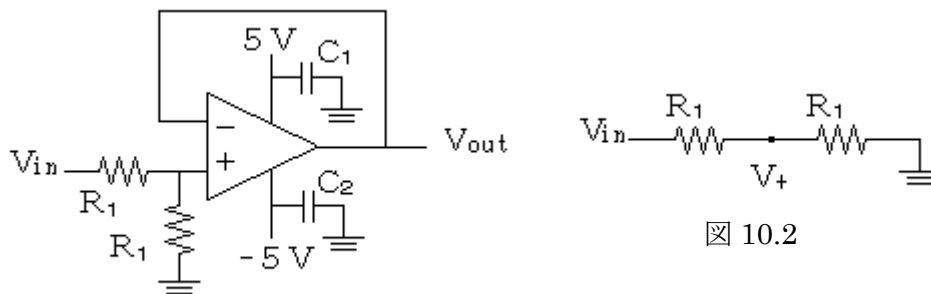


図 10.1 : 1/2 減衰回路

図 10.2 は図 10.1 の V_{in} から GND までを示している。

まず、回路の入力に V_{in} の電圧を加えたとする。ここで V_+ は

$$V_+ = \frac{1}{2} V_{in} \quad (3.5)$$

したがって、OP アンプのプラス側の入力端子電圧は V_+ となる。規則 1 から OP アンプの両

入力の電圧差をゼロにしようとするため、OP アンプのマイナス側の入力端子電圧も V_+ となる。 V_+ と V_{out} の間には抵抗がなく、電圧降下が生じないため V_{out} は V_+ のままで出力される。すなわち、出力電圧 V_{out} は

$$V_{out} = \frac{1}{2} V_{in} \quad (3.6)$$

よって、1/2 減衰回路は入力電圧を 1/2 倍にして出力される。

3.3 製作したインターフェイス

インターフェイスとして2種類の回路を製作した。その回路は、全部で差動増幅器を4組と1/2減衰回路を2組の計6組である。それらをそれぞれの真空計とRBS-ADに接続し、真空計からの電圧をコンピュータに読み込ませるのである。

3.3.1 製作した回路

実際の回路に使われる抵抗は、ほぼ等しく揃えられるが完全に一致させることは難しい。そのため、差動増幅器では、図9.2の R_1 と R_2 の部分を R_1' と R_2' に置き換え、区別して表示する。それが図11になる。また、1/2減衰回路では、2つの R_1 の部分を R_1 と R_2 に置き換えて表示する。それが図12になる。

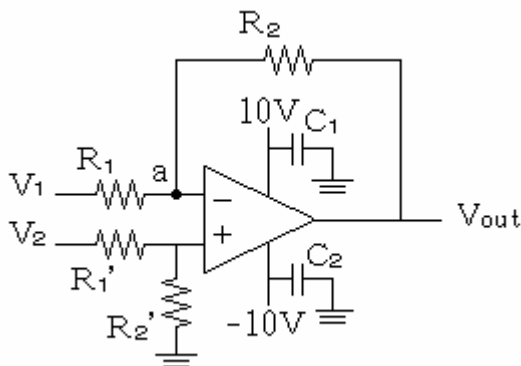


図 11：実際の差動増幅器

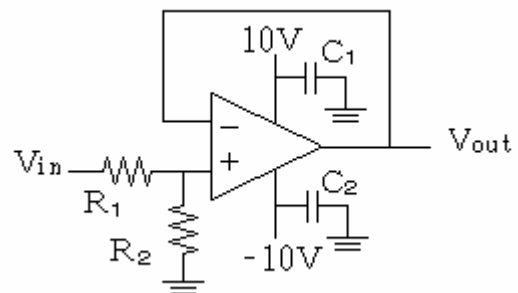


図 12：実際の 1/2 減衰回路

実際の回路に用いた OP アンプは HA17741 PS OC4 を使用している。 C_1 と C_2 はコンデンサで、電源からきている銅線につなぐことによって発振しないようにするためのものである。これらのコンデンサの値は $0.033 \mu F$ である。これは OP アンプのすぐ近くにつなぐことで効果が出るものである。電源電圧は $\pm 10V$ を用いている。

差動増幅器は約 330 倍になるように設定する。したがって、 R_1 と R_2 の比は 1 : 330 になるようにする。 R_1 と R_1' は約 100Ω 、 R_2 と R_2' は約 $3.3k\Omega$ を使用している。1/2 減衰回路では、1/2 倍になるようにするため R_1 と R_2 を同じ値にする。この抵抗値は共に約 $1k\Omega$ である。

これらの回路を基盤上に製作した配置を示したものが図 13 である。

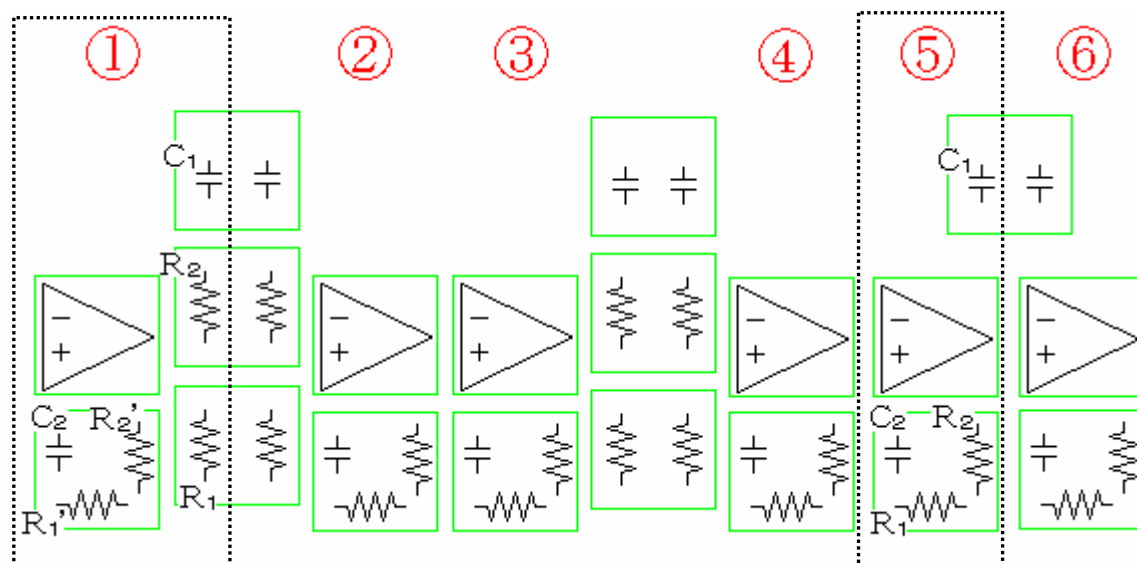


図 13 : 回路の配置図

左側の点線で囲まれている部分が差動増幅器である。緑の枠は、その枠をひとかたまりにして設置していることを示す。また、右側の点線で囲まれているのが 1/2 減衰回路である。それぞれ同じようにして 1 組の回路が縦に並んでいる。①～④は差動増幅器で、⑤と⑥は 1/2 減衰回路である。

3. 3. 2 真空計と RBS-AD への接続

(a) 真空計からコンピュータへの接続

製作した回路は真空計に接続し、真空計からの電圧をコンピュータに読み込ませることができるように接続する。その接続されたものが図 14 である。回路には $\pm 10V$ に設定された電源がつながれている。RBS-AD というインターフェイスは (c) で説明する。真空計、回路、RBS-AD の間は、それぞれ図 14 のようにケーブルとコネクタで接続されている。

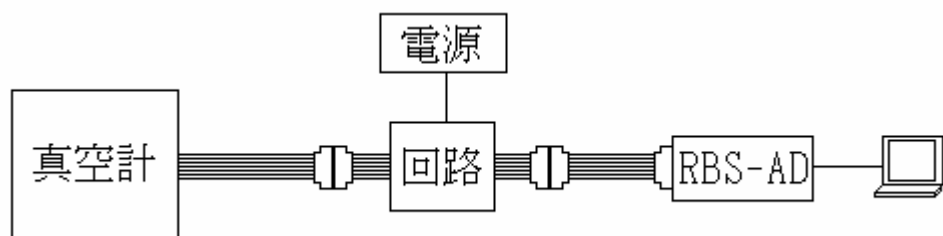


図 14 : 真空計からの接続図

(b) 真空計の番号と名称

使われる真空計には、真空度を測定する場所が決まっている。そこで、真空計に名称が付けられている。また、説明しやすいように番号を付ける。図 15 は真空計の配置を示し、表 1 ではその番号と名称を示す。

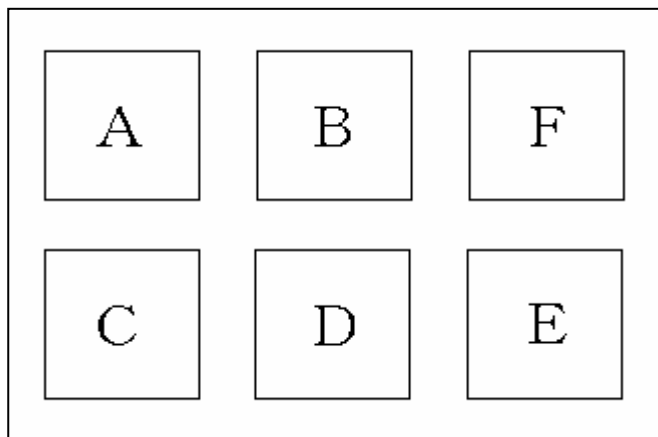


図 15 : 真空計の配置

番号	名称	番号	名称
A	He3 CRYOSTAT	D	Evaporator 1
B	Booster 1	E	Evaporator 2
C	Booster 2	F	未使用

表 1 : 真空計の番号と名称

(c) RBS-AD への接続

コンピュータへの接続は RBS-AD というインターフェイスを使う。これは回路からの電圧を AD 変換し、コンピュータへ読み込むためのものである。6 チャンネル読み込むことができる。図 16 は回路から RBS-AD に接続するためのコネクタである。

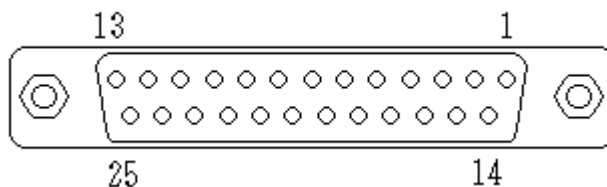


図 16 : RBS-AD に接続するコネクタ

コネクタのピン番号 1 ~ 6 に回路からのプラス電圧のケーブルを接続し、それと対になっているケーブル (マイナス側) をそのピン番号に対応する 14 ~ 19 に接続する。ピン番号 1 ~ 6 はそれぞれ Ch-0 ~ Ch-5 としてある。また、11 と 12 を接続することで 5V フルスケールモードとなる。すなわち、回路から送られた電圧を最大 5V の範囲で読み取れるようになる。14 ~ 24 は共通の GND になっている。ほかのピン番号のものは、今回は使用しない。

(d) コネクタへの接続

真空計から回路を通り RBS-AD へ接続している。これらをそれぞれつないでいるコネクタのピン番号を表 2 にまとめる。

真空計		回路			RBS-AD
番号	ピン番号	ピン番号	回路名	ピン番号	ピン番号
A	9, 10 (茶)	9, 10	1/2 減衰 回路	9, 10	1, 14 (緑)
B	11, 12 (赤)	11, 12		11, 12	2, 15 (青)
C	1, 2 (黄)	1, 2	差動 増幅器	1, 2	3, 16 (茶)
D	3, 4 (緑)	3, 4		3, 4	4, 17 (赤)
E	5, 6 (青)	5, 6		5, 6	5, 18 (橙)
F	7, 8 (橙)	7, 8		7, 8	6, 19 (黄)

表 2 : コネクタのピン番号

括弧内はそのピンについているケーブルの色である。真空計 A と B は 1/2 減衰回路に接続、真空計 C~F は差動増幅器に接続している。この表は左から順番に、真空計の番号、真空計からのコネクタのピン番号、回路からのコネクタのピン番号(真空計からのコネクタに接続)、2 種類の回路名、回路からのコネクタのピン番号(RBS-AD からのコネクタに接続)、RBS-AD からのコネクタのピン番号である。

3. 4 性能評価

真空計から送られてくる電圧が、回路を通すことでどのように変化して出力されてくるのかを知る必要がある。したがって、まず実際に使用している抵抗の値を使い、入力電圧が回路を通り出力された電圧の理論値を計算する。そのときの出力電圧の入力電圧に対する増幅倍数も求める。

つぎに実際の値に電圧をかけてみる。入力電圧を変化させ出力電圧を測定する。このときの増幅倍数を求める。

3. 4. 1 差動増幅器と1/2減衰回路の理論値

表3では、差動増幅器と1/2減衰回路に入力電圧を加え、変化した出力電圧を計算したものである。

回路	抵抗値	抵抗値	入力	Va	出力	増幅倍数	平均倍数	
1 (差動)	R1	100.3 Ω	R2	32.95 kΩ	0.003 V	0.0030 V	0.986 V	328.5 (3~10mV)
	R1'	100.2 Ω	R2'	32.91 kΩ	0.006 V	0.0060 V	1.971 V	328.5
					0.010 V	0.0100 V	3.285 V	328.5
					0.020 V	0.0199 V	6.570 V	328.5
2 (差動)	R1	99.6 Ω	R2	32.86 kΩ	0.003 V	0.0030 V	0.990 V	329.9 (3~10mV)
	R1'	99.7 Ω	R2'	32.84 kΩ	0.006 V	0.0060 V	1.980 V	329.9
					0.010 V	0.0100 V	3.299 V	329.9
					0.020 V	0.0199 V	6.598 V	329.9
3 (差動)	R1	99.5 Ω	R2	32.75 kΩ	0.003 V	0.0030 V	0.987 V	329.1 (3~10mV)
	R1'	99.5 Ω	R2'	32.80 kΩ	0.006 V	0.0060 V	1.975 V	329.1
					0.010 V	0.0100 V	3.291 V	329.1
					0.020 V	0.0199 V	6.583 V	329.1
4 (差動)	R1	99.4 Ω	R2	32.69 kΩ	0.003 V	0.0030 V	0.987 V	328.9 (3~10mV)
	R1'	99.2 Ω	R2'	32.68 kΩ	0.006 V	0.0060 V	1.973 V	328.9
					0.010 V	0.0100 V	3.289 V	328.9
					0.020 V	0.0199 V	6.577 V	328.9
5 (1/2減衰)	R1	0.990 kΩ			1.02 V		0.509 V	0.499
	R2	0.987 kΩ			2.00 V		0.998 V	0.499
					6.04 V		3.015 V	0.499
					10.04 V		5.012 V	0.499
6 (1/2減衰)	R1	0.994 kΩ			2.00 V		0.998 V	0.499
	R2	0.990 kΩ			6.02 V		3.004 V	0.499
					10.07 V		5.025 V	0.499

表3：理論値とその増幅倍数

抵抗は図11と図12に対応している。差動増幅器の入力は V_2 とし、 V_1 は0Vに接続しているとし表示しない。出力電圧は V_{out} で表される。

V_a はa地点での電圧である。今回は抵抗値が若干違うため、(3.1)式の抵抗を変更すると、 V_a は

$$V_a = \frac{R_2'}{R_1' + R_2'} V_2 \quad (3.7)$$

となり、 V_{out} もまた(3.3)式より

$$V_{out} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) \left(\frac{R_2'}{R_1' + R_2'} \right) V_2 - \left(\frac{R_2}{R_1} \right) V_1 \quad (3.8)$$

となる。これらにそれぞれ値を代入し、計算することができる。また、出力電圧を入力電圧で割ることで増幅倍数を求める。実際出力される電圧の範囲は0Vから5Vまでで、差動増幅回路は真空計からは0~10mVまでしか出力されない。したがって、表3の入力電圧の3~10mVまでのときの平均増幅倍数を求める。

1/2 減衰回路の入力は V_{in} としている。(3. 6) 式より、出力電圧は入力電圧の 1/2 倍で計算できる。この出力電圧も 5V までしか必要としないため、入力電圧は約 10V までとする。この場合も出力電圧を入力電圧で割ることによって増幅倍数を求め、平均増幅倍数を求める。

3. 4. 2 差動増幅器と 1/2 減衰回路の測定値

実際に入力電圧をかけて出力電圧の測定を行った。その結果を表 4 に記す。

回路	入力	出力	増幅倍数	平均倍数
1	0.003 V	1.26 V	420.0	(3~10mV) 358.8
(差動)	0.006 V	2.262 V	377.0	
	0.010 V	3.57 V	357.0	
	0.020 V	6.85 V	342.5	
2	0.003 V	1.245 V	415.0	(3~10mV) 357.2
(差動)	0.006 V	2.248 V	374.7	
	0.010 V	3.55 V	355.0	
	0.020 V	6.84 V	342.0	
3	0.003 V	0.991 V	330.3	(3~10mV) 327.8
(差動)	0.006 V	1.971 V	328.5	
	0.010 V	3.29 V	329.0	
	0.020 V	6.52 V	326.0	
4	0.003 V	1.179 V	393.0	(3~10mV) 348.3
(差動)	0.006 V	2.165 V	360.8	
	0.010 V	3.47 V	347.0	
	0.020 V	6.74 V	337.0	
5	1.02 V	0.512 V	0.502	0.501
(1/2減衰)	2.00 V	1.004 V	0.502	
	6.04 V	3.02 V	0.500	
	10.04 V	5.02 V	0.500	
6	2.00 V	1.003 V	0.502	0.500
(1/2減衰)	6.02 V	3.01 V	0.500	
	10.07 V	5.03 V	0.500	

表 4 : 測定値と増幅倍数

差動増幅器の入力電圧は V_2 である。 V_1 は GND に接続しているため 0V とし、表示しない。出力電圧は V_{out} で、GND に対しての電圧差を測定している。

1/2 減衰回路の入力電圧は V_{in} である。出力電圧は V_{out} で、GND に対しての電圧差を測定している。この出力電圧も 5V までしか必要としないため、入力電圧は約 10V までとする。これらの場合も理論値と同様に増幅倍数を計算する。また、その平均増幅倍数を計算する。

3. 5 考察

2種類の回路は電源を入れ、入力電圧をかけることで出力電圧が出るといった動作を行うことができた。真空計から回路、RBS-AD へとつなぎ、コンピュータへと接続することができた。

また、製作した回路について性能評価を行い、実際の回路の増幅倍数を考える。表3の理論値と表4の測定値を比較してみる。

まず、差動増幅器について比較する。理論値の増幅倍数はほぼ330倍になっており、目的とする出力電圧を入力電圧の330倍にするということを満たしている。しかし、差動増幅器の3を除く、1と2と4の測定値を見ると入力電圧が低くなればなるほど、増幅倍数が330倍から外れていっている。これについては、なんらかの対処をしなければならない。

1/2減衰回路について比較する。理論値ではほぼ1/2倍になっており、目的とする出力電圧を入力電圧の1/2倍にするということを満たしている。測定値を見ると、理論値とほぼ一致し、1/2倍になっていることがわかる。よって、1/2減衰回路については目的を達成できたこととなる。

第4章 まとめ

NMR装置の電源の制御をするためインターフェイスと、真空計から出される電圧をコンピュータに読み込むためのインターフェイスを製作した。

NMR装置の電源の制御をするためインターフェイスは、使われているICの動作原理から製作する回路の動作原理を理解し、その回路を製作できた。また、回路は正常に動作した。

真空計から出される電圧をコンピュータに読み込むためのインターフェイスでは、OPアンプを使った回路の原理から、回路が製作でき、真空計からコンピュータへの接続ができた。理論値は正常な値を示したが、測定値に問題があり、その問題を解決する必要がある。

参考文献)

- ・『デジタル回路の手ほどき』白土義男著、日本放送出版協会刊、1973年
- ・『よくわかるデジタル IC 回路の基礎』松田勲・伊原充博著、技術評論社、1999年
- ・『デジタル回路』天野英晴・武藤佳恭著、オーム社、1991年
- ・『図解・わかる電子回路』加藤肇・見城尚志・高橋久著、講談社、1997年
- ・『OP アンプ回路の設計』岡村迪夫著、CQ 出版社、1973年
- ・『測定回路の基礎と応用 (大学院の授業でのテキスト)』郡司修一、2004年
- ・『物理技術実習のテキスト (大学の授業でのテキスト)』櫻井敬久、2004年