

第6回 インピーダンスとは

TDU



講義資料は
<http://amplet.tokyo/tdu>
からダウンロードできます。

初版：2017年3月19日

ユビキタス無線工学
担当：根日屋 英之

2017年5月18日

1

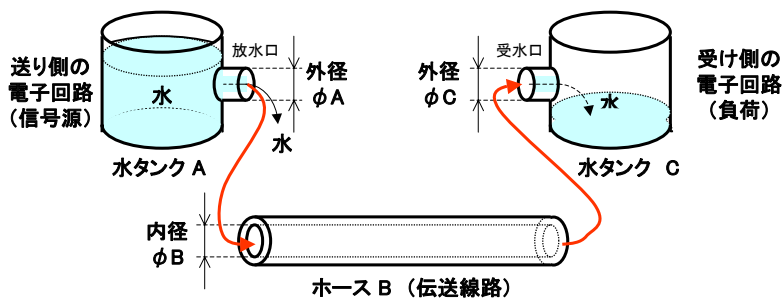
集中定数回路による インピーダンス整合回路

2017年5月18日

2

電気信号の流れは水の流れて考える

TDU



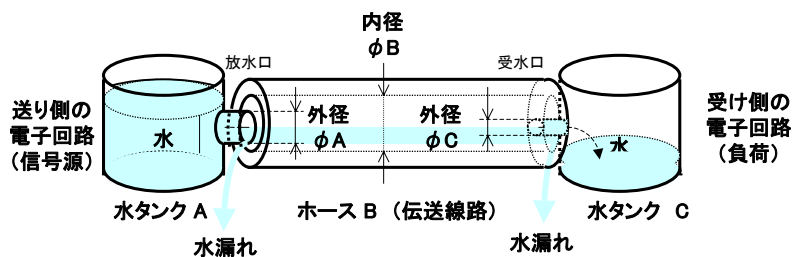
水タンク A と水タンク C をホース B でつなぐとき、 $\phi A = \phi B = \phi C$ であれば、水は途中で漏れることなく、水タンク A から水タンク C へ送ることができる。この ϕA 、 ϕB 、 ϕC の外径や内径の概念を、電子回路ではインピーダンスと考える。

2017年5月18日

3

ホースの内径が水タンクの放水口や受水口の外径と異なるときは

TDU



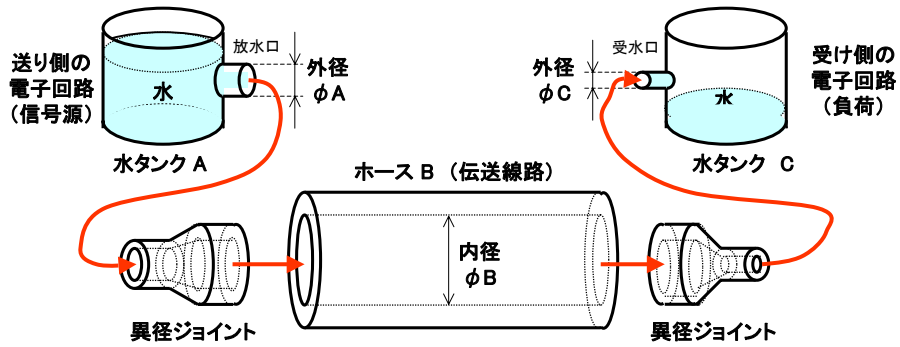
水タンク A と水タンク C をホース B でつなぐとき、 $\phi A \neq \phi B$ 、 $\phi B \neq \phi C$ であると、水はタンクとホースのつなぎ目から水が漏れる。電子回路ではこの概念をインピーダンスの不整合といい、インピーダンスの不整合が起こっている箇所では電気信号が一部、反射を起こす。

2017年5月18日

4

ホースの内径が水タンクの放水口や受水口の外径と異なるときは、異径ジョイントを入れる

TDU



ホースの内径が水タンクの放水口や受水口の外径と異なるときは、異径ジョイントを入れる。
この異径ジョイントを入れることは、電子回路ではインピーダンス整合回路を入れることになる。

2017年5月18日

5

回路の設計

2017年5月18日

6

回路の設計

回路の設計

バイアス設計 ...

- ① 電源の加え方.
- ② 真空管, トランジスタ, FETの動作点の設定

インピーダンス整合 ... 回路と回路を接続する
インターフェース設計

2017年5月18日

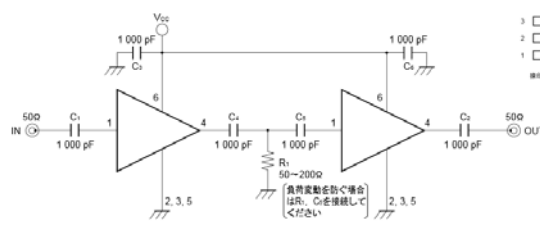
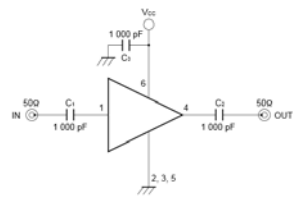
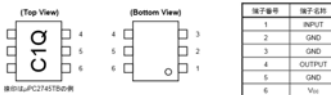
7

ルネサス μ PC2745TB

端子説明

端子番号	端子名称	端子電位	端子電圧	接続方法	接続時の注意事項	内部接続図
1	INPUT	---	5.0V	---	入力端子です。接続は必ずロウソクハンダで接続し、接続している端子の電圧が5.0Vを超えないようにしてください。また、接続している端子の電圧が5.0Vを超えないようにしてください。	
2	GROUND	0	---	---	電源端子です。接続は必ずロウソクハンダで接続し、接続している端子の電圧が5.0Vを超えないようにしてください。	
3	GROUND	0	---	---	電源端子です。接続は必ずロウソクハンダで接続し、接続している端子の電圧が5.0Vを超えないようにしてください。	
4	OUTPUT	---	1.9V	---	出力端子です。接続は必ずロウソクハンダで接続し、接続している端子の電圧が5.0Vを超えないようにしてください。	
5	GROUND	0	---	---	電源端子です。接続は必ずロウソクハンダで接続し、接続している端子の電圧が5.0Vを超えないようにしてください。	
6	Vcc	2.7~3.3	---	---	電源端子です。接続は必ずロウソクハンダで接続し、接続している端子の電圧が5.0Vを超えないようにしてください。	

注: 端子電圧はVcc = 3.0V時、上段: μ PC2745TB、下段: μ PC2745TB。



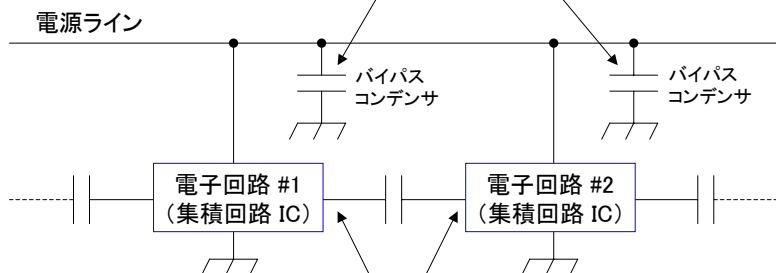
2017年5月18日

8

今どきの回路設計

TDU

電子回路に電源を供給するときは、その集積回路の電源供給ピンに、雑音を落とすためのバイパスコンデンサを入れる。



電子回路 #1 の出カインピーダンスの抵抗成分と電子回路 #2 の入力インピーダンスの抵抗成分が等しい IC が部品として購入できる。そのような IC を接続するときには、IC 間にカップリングコンデンサを入れて、直結する。

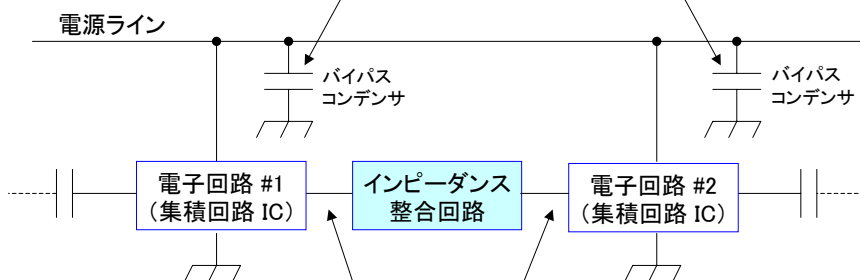
2017年5月18日

9

今どきの回路設計

TDU

電子回路に電源を供給するときは、その集積回路の電源供給ピンに、雑音を落とすためのバイパスコンデンサを入れる。



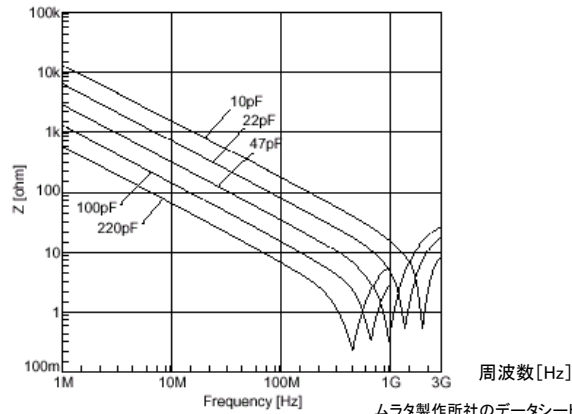
電子回路 #1 の出カインピーダンスの抵抗成分と電子回路 #2 の入力インピーダンスの抵抗成分が等しくないときは、インピーダンス整合回路を、電子回路 #1 と電子回路 #2 の間に挿入する。

2017年5月18日

10

コンデンサCの容量値の決め方

インピーダンス[Ω] GRMシリーズ (SL特性)



2017年5月18日

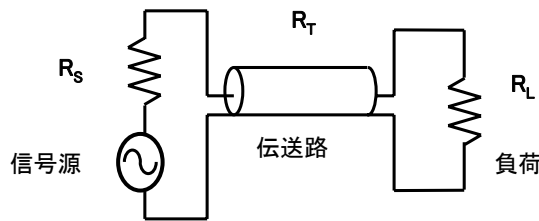
11

伝送の原理

2017年5月18日

12

伝送の原理



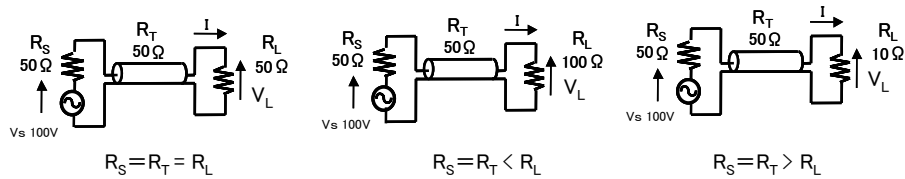
$$R_s = R_T = R_L$$

根日屋 英之, 植竹 古都美:「ユビキタス無線工学と微細RFID」(第2版)(東京電機大学出版局)より転載

2017年5月18日

13

インピーダンス整合の重要性



$V_s = 100V$
 $V_L = 50V$
 $I = 1A$
 $P_o = 50W$

$V_s = 100V$
 $V_L = 66.7V$
 $I = 0.667A$
 $P_o = 44.5W$

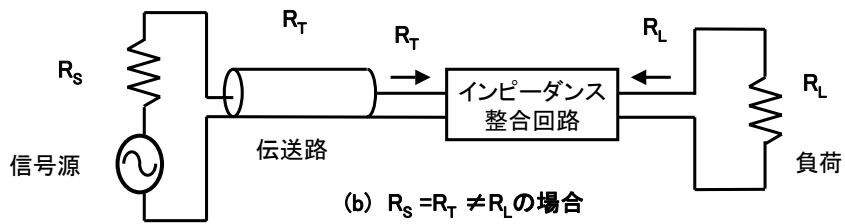
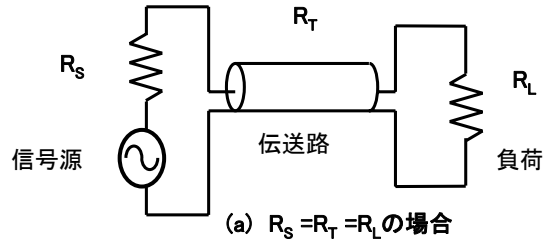
$V_s = 100V$
 $V_L = 16.7V$
 $I = 1.67A$
 $P_o = 27.9W$

根日屋 英之, 植竹 古都美:「ユビキタス無線工学と微細RFID」(第2版)(東京電機大学出版局)より転載

2017年5月18日

14

インピーダンス整合の重要性



2017年5月18日

15

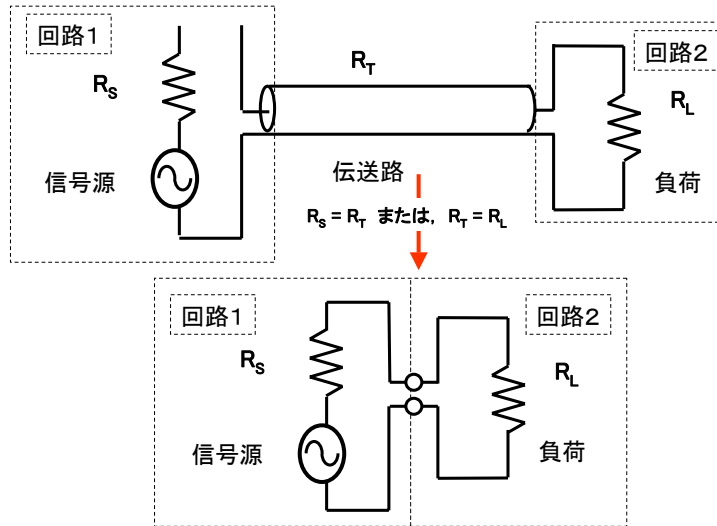
特性インピーダンス

2017年5月18日

16

伝送線路を用いると、離れた二つの回路の距離の差を電氣的に短くできる

TDU

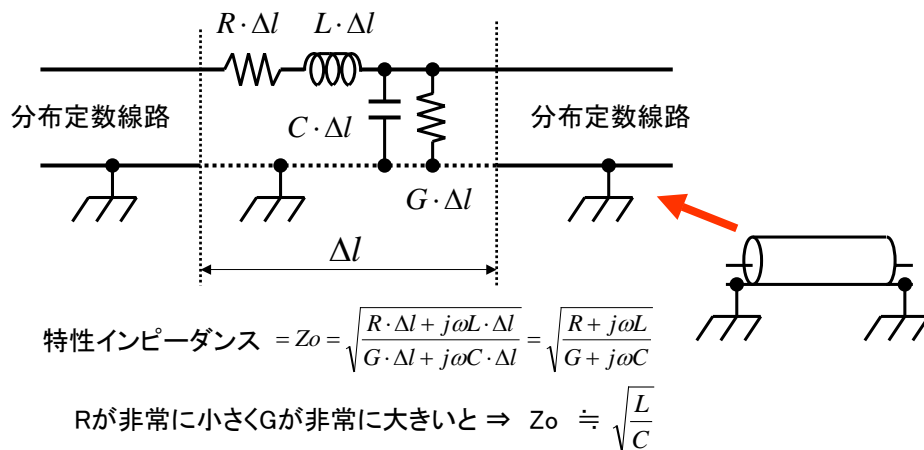


2017年5月18日

17

特性インピーダンスの概念

TDU



2017年5月18日

18

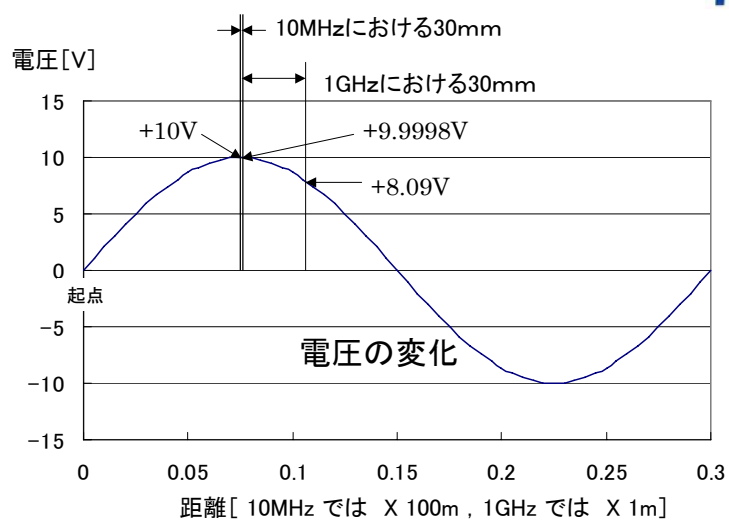
集中定数回路と分布定数回路

2017年5月18日

19

集中定数回路と分布定数回路

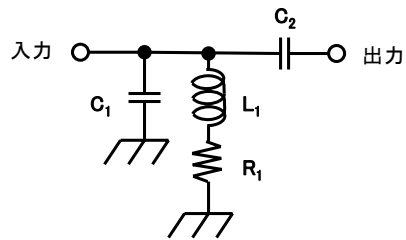
TDU



2017年5月18日

20

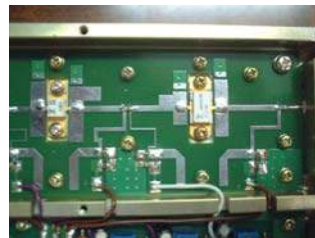
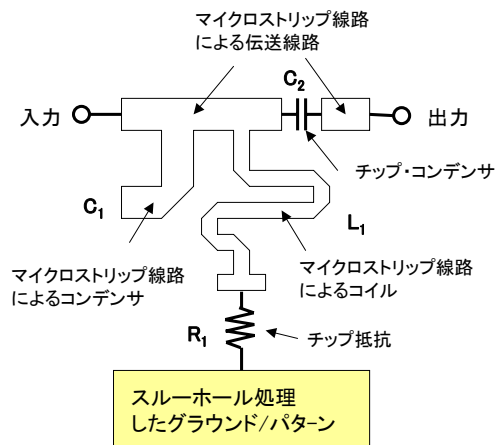
集中定数回路



2017年5月18日

21

分布定数回路



2017年5月18日

22

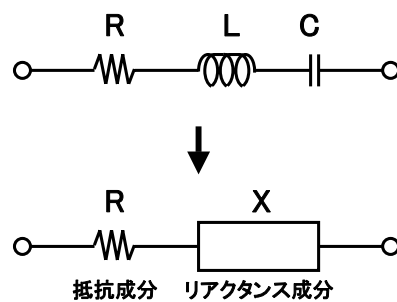
インピーダンス整合回路の考え方

2017年5月18日

23

インピーダンスとは

TDU



全ての電子回路はR, L, Cの直列回路の等価回路で表され,

$$Z = R + \left(j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \right)$$

$$Z = R + \left(j\omega L + \frac{j}{j^2\omega C} \right)$$

$$Z = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

$$= R + jX$$

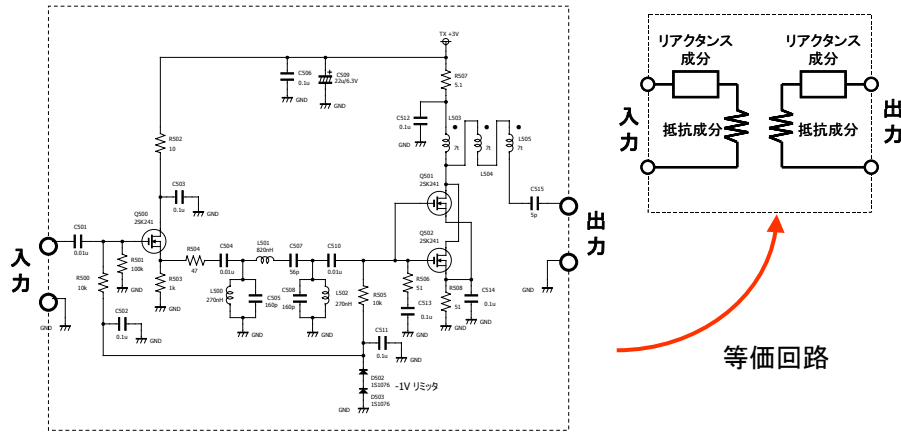
で与えられるZをインピーダンスという。ここで、 ω は角速度(各周波数)で、 f を周波数とすると、 $\omega = 2\pi f$ となる。

2017年5月18日

24

どんな電子回路もインピーダンスで表される

TDU



2017年5月18日

25

どんな電子回路もインピーダンスで表される

TDU



2017年5月18日

26

アンテナの電気的特性

TDU

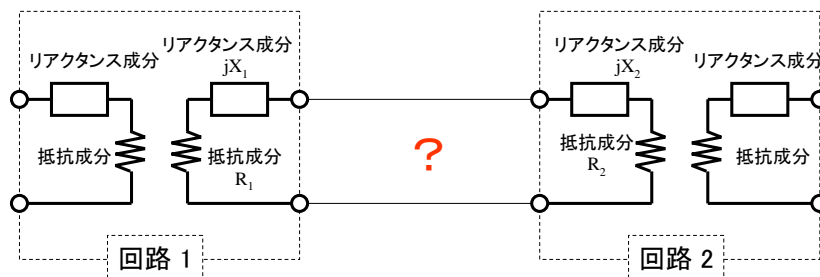


2017年5月18日

27

インピーダンス整合回路の考え方

TDU



「回路1」と「回路2」をうまく接続して信号が効率よく伝送できるには？

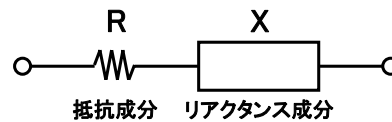
2017年5月18日

28

インピーダンス整合回路の設計（考え方）

TDU

- ★ 抵抗成分 : エネルギーの伝送に参与する.
- ★ リアクタンス成分 : 損失を発生する.



インピーダンス整合回路の設計

Step 1 : リアクタンス成分を無くす. (ゼロにする.)

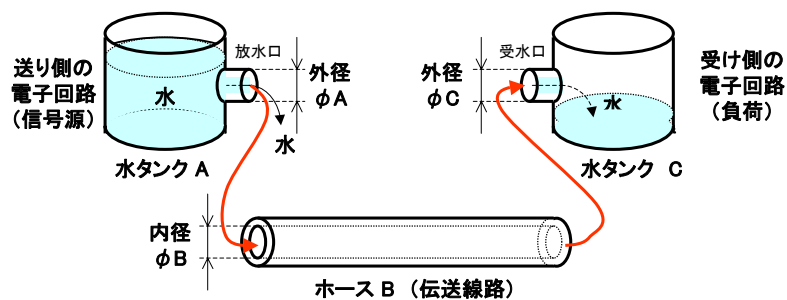
Step 2 : 抵抗成分をうまく接続する.

2017年5月18日

29

電気信号の流れは水の流れで考える

TDU



水タンク A と水タンク C をホース B でつなぐとき、 $\phi A = \phi B = \phi C$ であれば、水は途中で漏れることなく、水タンク A から水タンク C へ送ることができる。この ϕA 、 ϕB 、 ϕC の外径や内径の概念を、電子回路ではインピーダンスと考える。

2017年5月18日

30

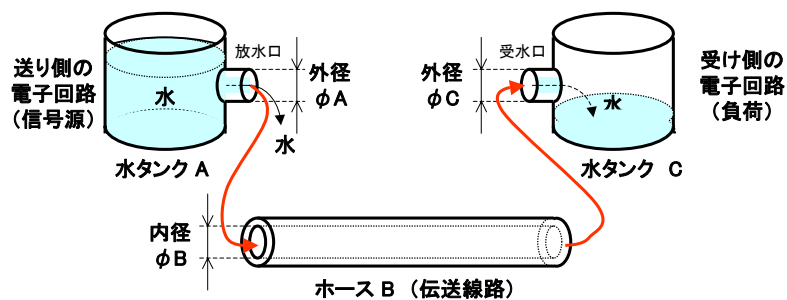
インピーダンスの意味するものは

2017年5月18日

31

電気信号の流れは水の流れで考える

TDU



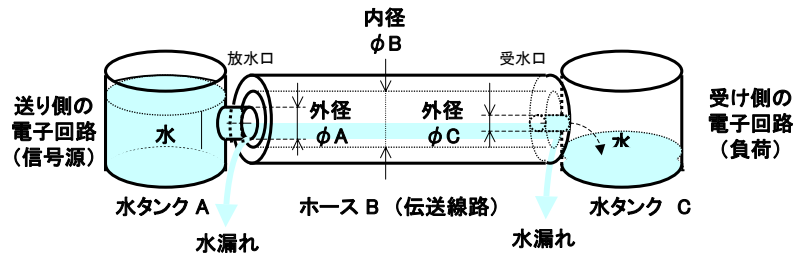
水タンク A と水タンク C をホース B でつなぐとき、 $\phi A = \phi B = \phi C$ であれば、水は途中で漏れることなく、水タンク A から水タンク C へ送ることができる。この ϕA 、 ϕB 、 ϕC の外径や内径の概念を、電子回路ではインピーダンスと考える。

2017年5月18日

32

ホースの内径が水タンクの放水口や受水口の外径と異なるときは

TDU



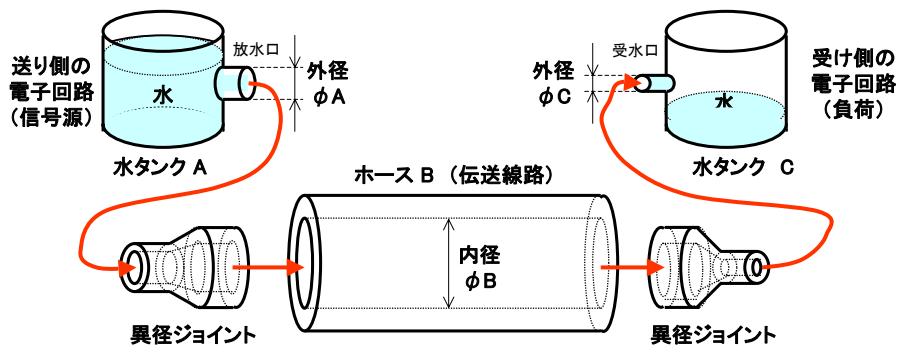
水タンク A と水タンク C をホース B でつなぐとき、 $\phi A \neq \phi B$ 、 $\phi B \neq \phi C$ であると、水はタンクとホースのつなぎ目から水が漏れる。電子回路ではこの概念をインピーダンスの不整合といい、インピーダンスの不整合が起こっている箇所では電気信号が一部、反射を起こす。

2017年5月18日

33

ホースの内径が水タンクの放水口や受水口の外径と異なるときは、異径ジョイントを入れる

TDU



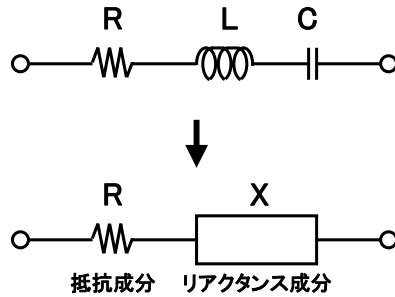
ホースの内径が水タンクの放水口や受水口の外径と異なるときは、異径ジョイントを入れる。この異径ジョイントを入れることは、電子回路ではインピーダンス整合回路を入れることになる。

2017年5月18日

34

改めて、インピーダンスとは

TDU



全ての電子回路はR, L, C
の直列回路の等価回路で表
され,

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

$$= R + jX$$

で与えられるZをインピー
ダンスという。ここで、 ω は角速
度(各周波数)で、fを周波数
とすると、 $\omega = 2\pi f$ となる。

2017年5月18日

35

リアクタンス成分のキャンセル方法 アンテナ ... 3.28MHz に共振させる

TDU



送信機の出カインピーダンス : 50Ω



リアクタンス成分のキャンセル
... 共振させる

インピーダンス整合回路
... 抵抗成分Rの変換も行う

アンテナの入カインピーダンス : 50Ωにしたい

2017年5月18日

36

単に「インピーダンスは $* \Omega$ 」と書かれているときは, $Z=R$ を示す.

このとき, すでに, その回路(アンテナ)は目的周波数で共振(リアクタンス成分はゼロ $\rightarrow jX=0$)していて, $Z=R$ (抵抗成分のみ)のこと.