

線形電子回路

Linear Electronic Circuits

西原明法

Akinori Nishihara

aki@cradle.

<http://www.nh.cradle.titech.ac.jp/>

線形電子回路学習の意義

線形電子回路は

- 通信、制御、計測、レーダー、運輸
- 放送、家電、AV、娯楽

等に幅広く利用される基盤技術

産業界からの強い要請

電子回路とは

電子部品を接続し、所望の機能を実現

線形電子回路学習の意義(続)

- より大きな「信号処理」という枠組みの一部
 - アナログーデジタルの分担/協調
 - デジタル処理: 処理の柔軟性、VLSI実現容易性
 - アナログ処理: 自然界/人間とのインタフェース
- 高機能密度

質問

デジタル携帯電話はどれくらいデジタルか？

答

りくナビNEXT

2011年11月23日

職人的な技術力の高さ、一人前になるまでの年数の長さ、母数の少なさなどから、転職市場ではアナログ回路設計者の求人が高止まりしている。さらなるニーズの拡大は確実で、回路設計の「アナログ指向」は止まりそうにない。

http://rikunabi-next.yahoo.co.jp/01/closeup_1150/index.html

レガシーどころか実は最先端な アナログ電子回路

2009年8月3日
マイナビニュース

現代の電子回路技術では、アナログは最先端の技術です。たしかに古くからアナログ回路技術を用いてラジオ、テレビ、ステレオなどいろいろな電子製品が実用化されてきました。一度レガシーになったかと思われるこのアナログ回路技術が、高速通信や高速データ処理のような領域であらためて見直されてきています。一番大きな理由は電子回路のハイスピード(高速)化です。従来の単に1/0のデジタル信号でさえも、ハイスピード化により、1から0、0から1に変化する間隔(周期)が速いため、一定の変化時間では周期に対して「鈍って(なまって)」見えてしまい、その結果、変化途中をアナログ信号的に考える必要が出てきています。

http://news.mynavi.jp/series/analog_circuit/001/index.html

講義予定

日付	題目
10月2日	電子回路の応用分野
10月16日	増幅器モデルと周波数応答
10月23日	演算増幅器のモデル
10月30日	ダイオードと非線形モデル
11月6日	MOSFET
11月13日	バイポーラトランジスタ(BJT)
11月20日	集積回路設計
11月27日	演習
12月4日	中間試験
12月11日	MOSFET集積回路設計
12月18日	BJT集積回路設計
1月8日	差動対と演算増幅器
1月15日	帰還増幅器
1月22日	発振回路
1月29日	総合演習

講義の進め方

- 東工大OCWに掲載する講義資料に沿
い、事前に

<http://elite.nh.cradle.titech.ac.jp/moodle/>
で学習しておく(IDとパスワード必要)

- 授業では、上記に対する補足説明、質
疑、演習を中心に行う
- 授業中に内容を習得しよう

講義の進め方と評価

- 宿題、中間試験、期末試験

宿題の提出は単位の十分条件ではない!

必要条件でもないが、成績には反映可能

- 質問は授業中、フィードバックシートその他、
随時受付けます

- 電子メールで

- 大岡山西9号館823号室 (電話3232)

aki@cradle.

電話か電子メールで予約する方がよい

教科書

藤井信生著
アナログ電子回路
—集積回路化時代の—
昭晃堂

配布する講義資料は要点のみ
詳細は教科書で！

回路シミュレーション

- 電子回路のシミュレーションにはSPICEが国際的にde facto standard
- 電子回路シミュレーションは設計現場では不可欠
- 各種のフリーSPICEがある

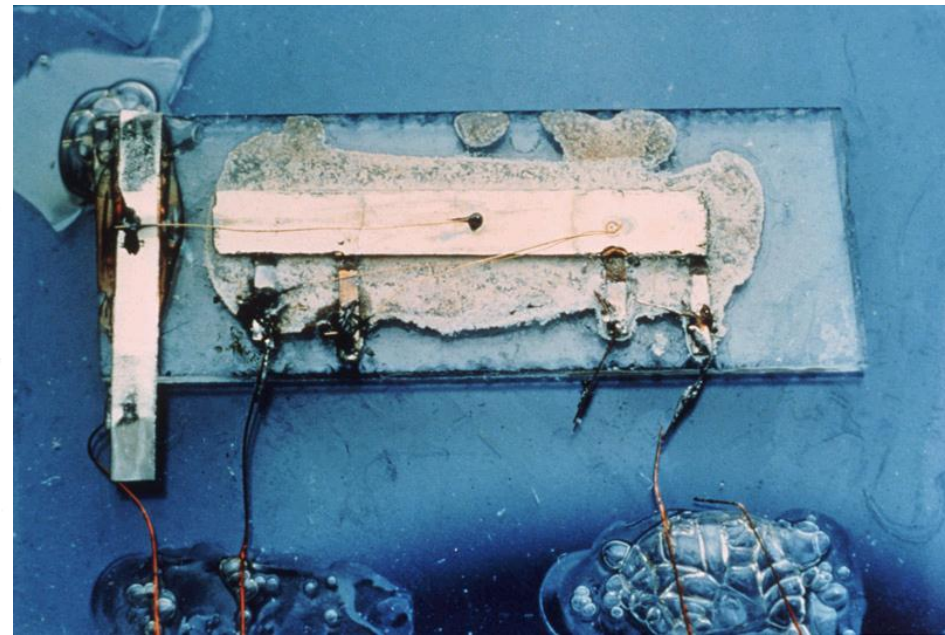
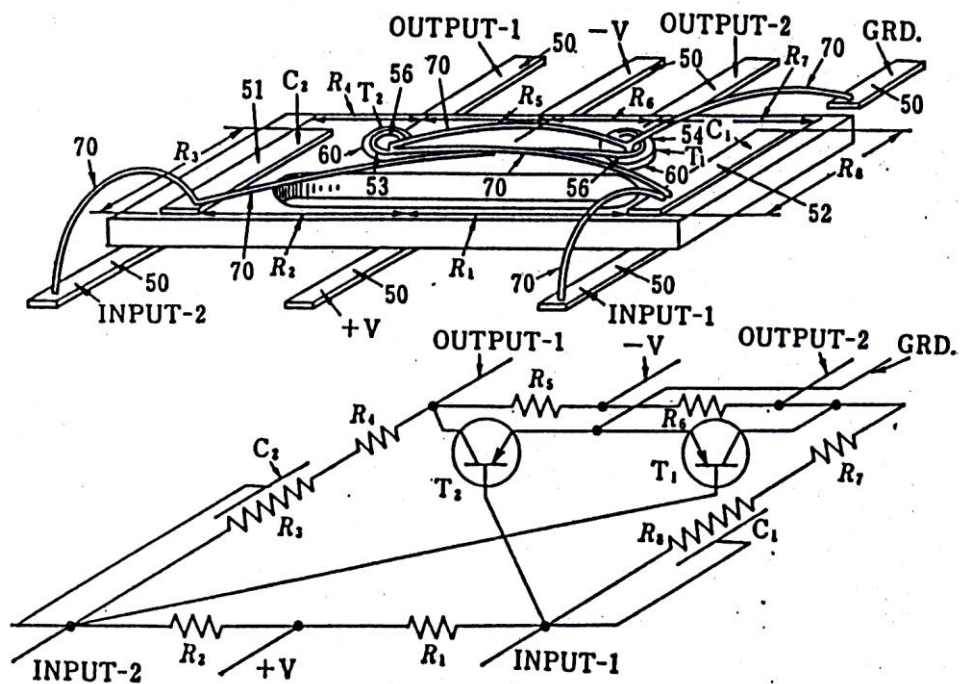
http://www.repairfaq.org/ELE/F_Free_Spice.html

電子回路の歴史

- 3極管の発明 1906年 Lee DeForest
 増幅作用の発見は1912年
- トランジスタの発明 1947年 Walter Brattain
 John Bardeen
 William Shockley
 (1956年ノーベル賞)
- 集積回路の発明 1958年 Jack Kilby
 (2000年ノーベル賞)
 1959年 Robert Noyce

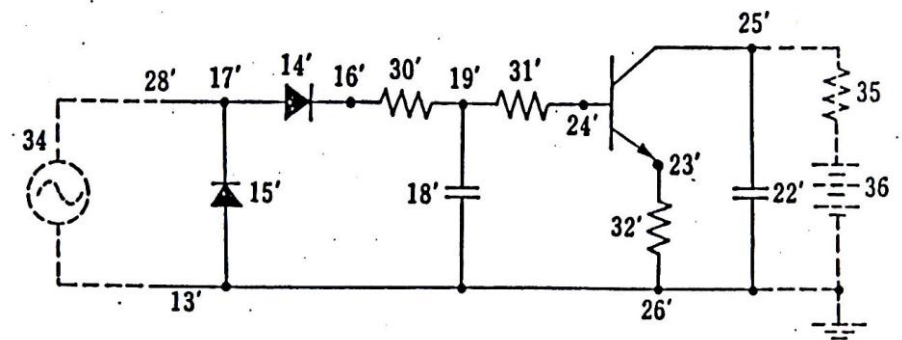
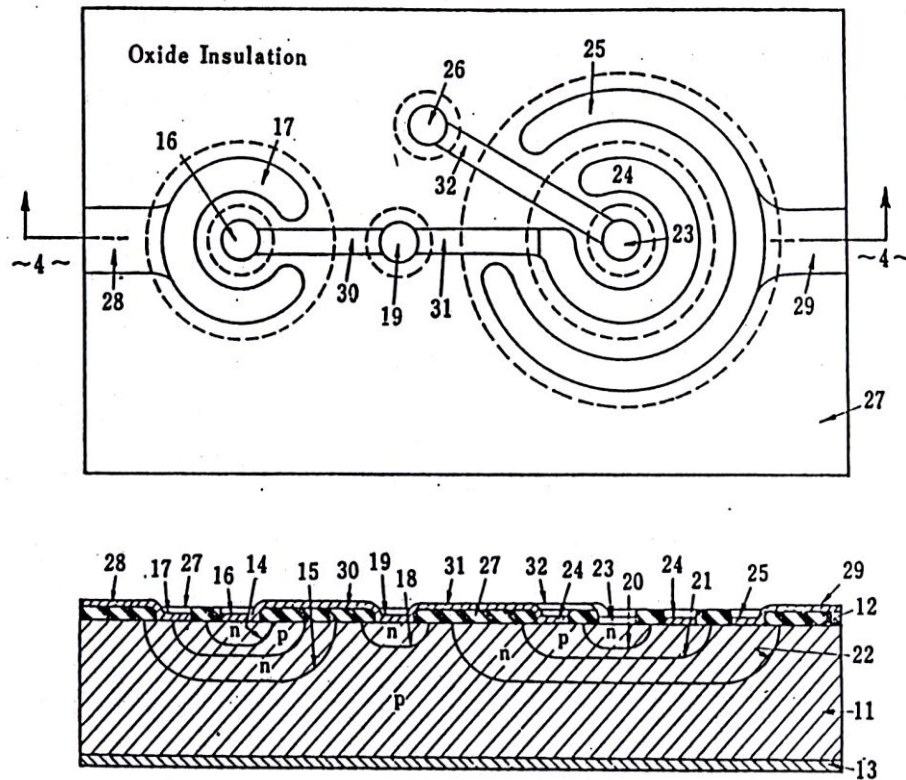
Kilbyの特許

集積回路(マルチバイブレータ)の構成と写真



Courtesy of Texas Instruments

Noyceの特許



集積回路(半導体デバイスと相互配線)の構成図

電子回路の応用

- 増幅器
- デジタル回路
- 変復調
- フィルタ
- パワーエレクトロニクス

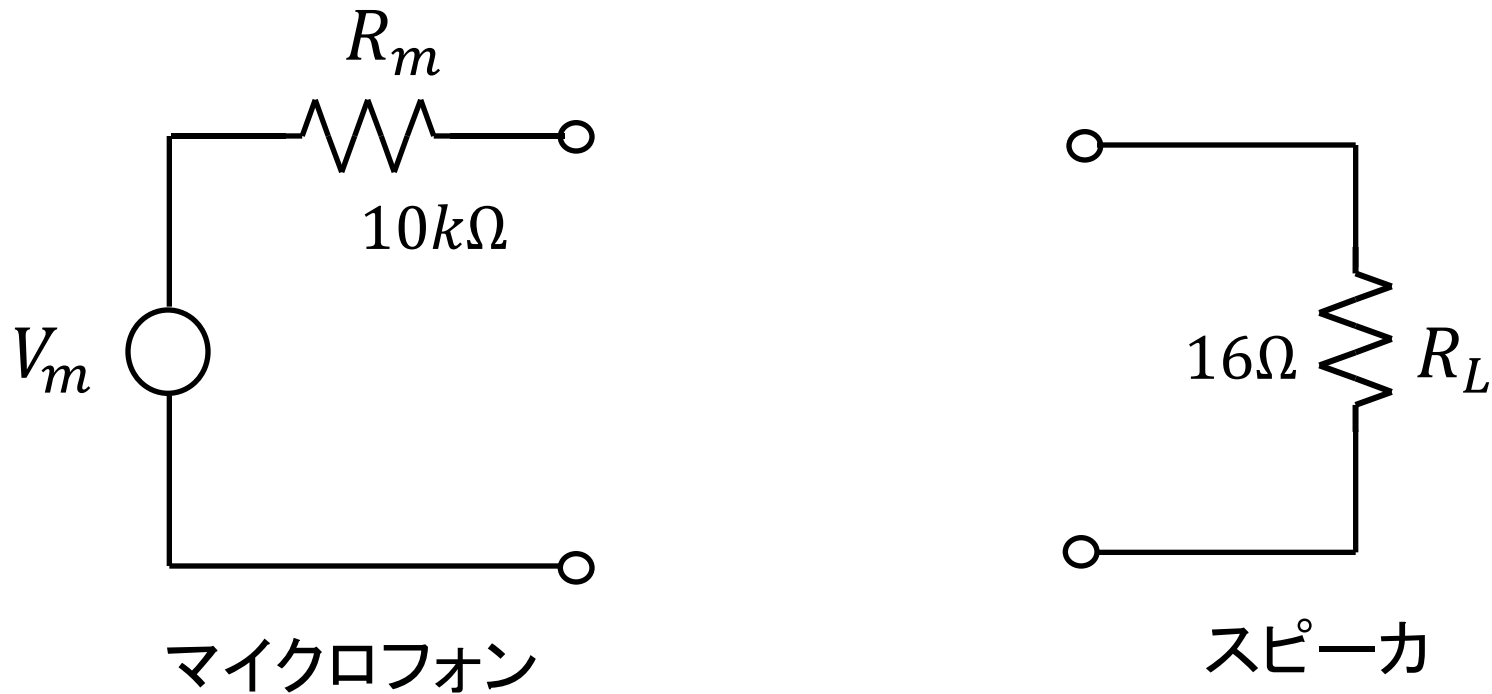
増幅器の概念

- センサ、アンテナ等から得られる信号は []
($\mu V \sim mV$ 程度)、 [] しなければ使えない
- 増幅器の仕様として [] と [] が重要
- 入出力インピーダンスも同様に重要

増幅器の必要性

- マイクロフォン出力 数 mV , 数 μA 程度
- 大出力スピーカ ピークで ,  程度
- 直結しても音は出ない!!
- 電圧と電流を大きくすることが必要

マイクロフォンとスピーカ



電気回路モデル

直結してもスピーカから音は出ない

必要な電圧利得

$$A_v = \frac{V_o}{V_m} = \frac{10V}{50mV} = 200 = 46dB$$

インピーダンスレベルの違いにも注目

必要な電力利得

- マイクロフォンからの最大有能電力

$V_m = 50mV$ として

$$P_{max} = \frac{V_m^2}{4R_m} = \frac{(50mV)^2}{4 \times 10k\Omega} = 62.5nW$$

- スピーカを駆動するのに必要な電力

$$P_{out} = \frac{V_o^2}{R_L} = \frac{10^2}{16} = 6.25W$$

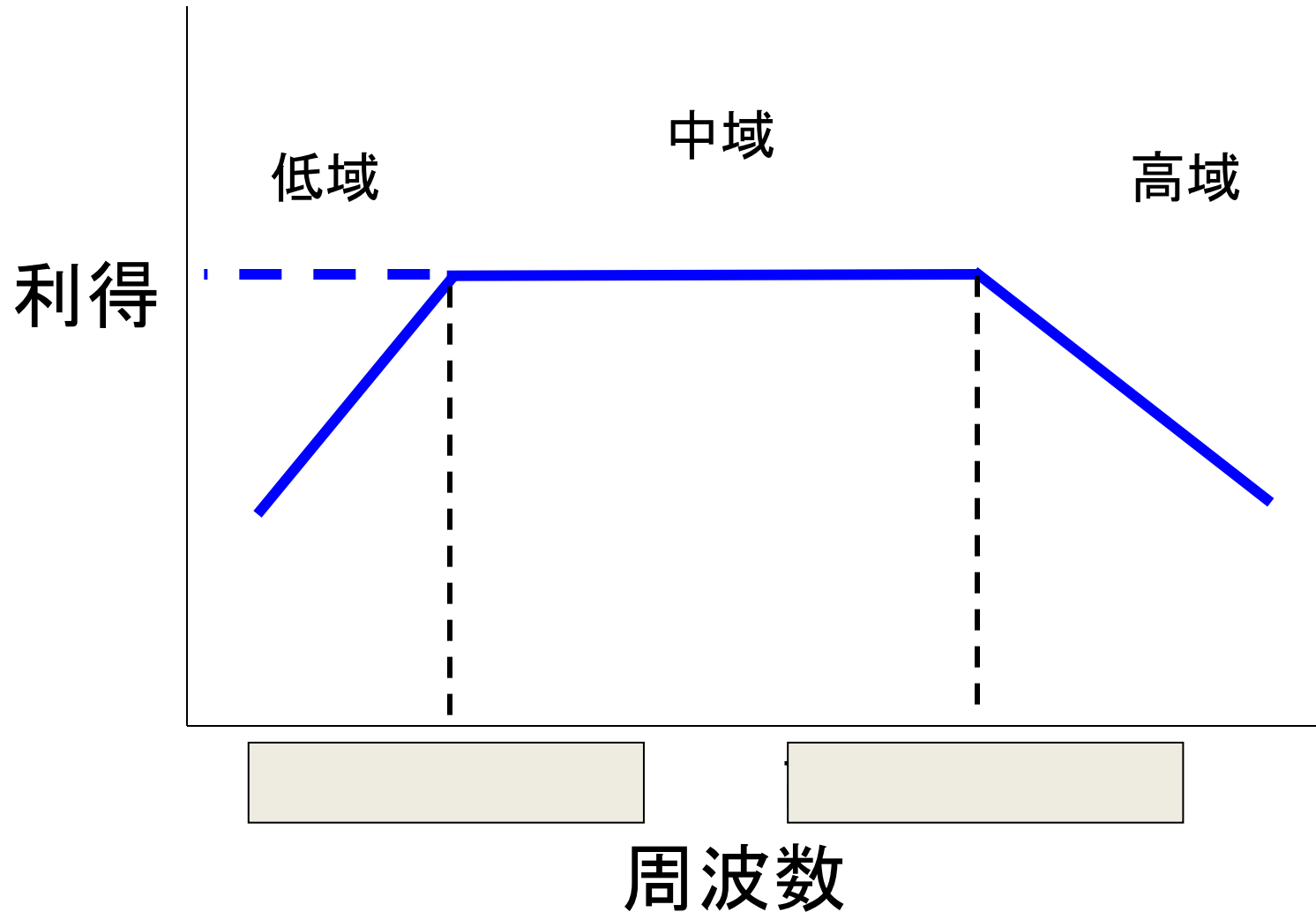
- 必要な電力利得

$$A_p = \frac{P_{out}}{P_{max}} = \frac{6.25W}{62.5nW} = 10^8 = 80dB$$

増幅器の必要性(2)

- ラジオ、TV、携帯電話等の無線信号
 μV 程度
- コンピュータ等のデジタル回路
 - ひとつの論理回路出力を他の多くの論理回路に接続する場合
 - 出力電流を増幅

増幅器の周波数特性



フィルタ

- 周波数選択性
- LCフィルタ
- 圧電振動子フィルタ
- 能動フィルタ

宿題1

1. 右図のようにマイク
ロフォンとスピーカ
を直結した場合の、
スピーカ R_L が消費
する電力を求めよ。
2. 途中に100倍の電圧
制御電圧源を挿入
した場合に R_L が消
費する電力を求め
よ。
3. 前2問の消費電力
の違いを考察せよ。

