

科目		電子回路I (Electronic Circuit I)	
担当教員		長谷 芳樹 准教授	
対象学年等		電子工学科・4年・通年・必修・2単位 (学修単位III)	
学習・教育目標		A4-D1(100%)	JABEE基準1(1) (d)1.(d)2-a,(d)2-d,(g)
授業の概要と方針		エレクトロニクスの技術革新は広範かつ急速である。しかし基礎となるべきことを十分理解しておくことにより、新しい素子・回路・技術に対処することが可能である。本教科では電子回路の基本的な考え方と設計手法を身につけさせる。	
		到達目標	達成度
		到達目標毎の評価方法と基準	
1	【A4-D1】トランジスタとFETの等価回路が理解できる。		トランジスタやFETの等価回路について理解できているかを前期中間試験およびレポートで評価する。
2	【A4-D1】直流等価回路と交流等価回路が理解できる。		直流等価回路や交流等価回路について理解できているかを前期中間試験およびレポートで評価する。
3	【A4-D1】簡易計算によるバイアス回路の設計ができる。		理想トランジスタを用いた簡易計算によりバイアス回路の設計ができるかを前期中間試験または前期定期試験およびレポートで評価する。
4	【A4-D1】基本増幅回路が理解できる。		トランジスタやFETの基本増幅回路が理解できているかを前期定期試験およびレポートで評価する。
5	【A4-D1】高周波等価回路が理解できる。		トランジスタやFETの高周波等価回路が理解できているかを前期定期試験、後期中間試験およびレポートで評価する。
6	【A4-D1】負帰還の目的と効果が理解できる。		負帰還の目的と効果が理解できているかを後期中間試験およびレポートで評価する。
7	【A4-D1】直流電流源回路が理解できる。		直流電流源回路が理解できているかを後期定期試験およびレポートで評価する。
8	【A4-D1】差動増幅回路・高利得増幅回路・乗算回路が理解できる。		差動増幅回路、差動増幅回路もしくはダーリントン接続を用いた高利得増幅回路、差動増幅回路を用いた乗算回路が理解できているかを後期定期試験およびレポートで評価する。
9	【A4-D1】直流増幅回路が理解できる。		直流増幅回路とその問題点の対策が理解できているかを後期定期試験およびレポートで評価する。
10			
総合評価		成績は、試験90% レポート10% として評価する。なお、試験成績は、中間試験と定期試験の平均点とする。100点満点で60点以上を合格とする。	
テキスト		「アナログ電子回路」藤井信生（昭晃堂）	
参考書		「演習 電子回路」桜庭一郎、佐々木正規（森北出版） 「テーマ別 電子回路例題と演習」島田一雄、南任靖雄（工学図書） 「定本 トランジスタ回路の設計」鈴木雅臣（CQ出版）	
関連科目		電気回路I、電気回路II、電子デバイス、半導体工学、電子回路II	
履修上の注意事項		電気回路I、電気回路II、電子デバイスの内容を修得していることを前提とする。	

授業計画 1 (電子回路I)		
回	テーマ	内容(目標, 準備など)
1	電子回路という科目の位置づけと導入, 基本的事項の確認	電子回路では能動素子を含む回路を扱う。そのため等価回路と適切な近似が重要となる。重ねの理, テブナンの定理, 電力比, 電圧比, 電流比の表し方など, 電子回路を解析するために必要な事項について, 復習をおこなう。
2	バイポーラトランジスタの動作と静特性	p形-n形-p形あるいは逆に形成し, それぞれの領域に端子を取り付けた3端子素子をトランジスタと呼ぶ。トランジスタの3端子はエミッタ, コレクタ, ベースと呼ばれる。コレクタの電流はコレクタの電圧には無関係でエミッタの電流だけで決定される。また, トランジスタは増幅作用を持つ。
3	FETの動作と静特性	pn接合の空乏層の幅が電圧によって変化することを利用して, 電流を制御する素子をFETと呼ぶ。FETには接合形, MOS形があり, 増幅作用を持つ。
4	トランジスタの等価回路, FETの等価回路	トランジスタやFETなどの能動素子については回路計算のためにこれらを適切な等価回路で表現することが必要となる。等価回路としてはベース接地トランジスタの交流等価回路, エミッタ接地トランジスタの交流等価回路, h-パラメータによる等価回路などがある。
5	直流と交流の分離	直流バイアス電圧, 電流に比較して, 振幅が十分小さい信号電圧, 電流を増幅する回路を小信号増幅器と呼ぶ。小信号増幅器では直流バイアス電圧, 電流と信号電圧, 電流を分けて計算することができる。
6	トランジスタのバイアス回路	トランジスタに直流バイアス電圧, 電流を与える回路には, 簡易バイアス回路や電流帰還バイアス回路がある。バイアス回路の設計においては温度変化に対する安定度が重要となる。
7	バイアス回路の簡易計算と温度補償	トランジスタの特性を理想化することでバイアス回路の設計が非常に容易になる。理想化されたトランジスタはナレクタとノレクタという二種類の仮想的な素子で構成される。
8	中間試験	(中間試験を実施する)
9	中間試験の返却と解説, FETのバイアス回路	トランジスタのバイアス回路設計と異なり, FETのバイアス回路設計においてはFETの特性曲線を使用する必要がある。
10	増幅器の特性を表す諸量	増幅器は一般に四端子回路として表すことができる。増幅器の特性を表すために入力インピーダンス, 電圧利得, 電流利得, 電力利得, 出力インピーダンスなどが用いられる。
11	トランジスタ基本増幅回路(前半)	トランジスタ基本増幅回路にはベース接地, エミッタ接地, コレクタ接地の3種類の接地形式がある。
12	トランジスタ基本増幅回路(後半)	ベース接地は低入力インピーダンス, 高出力インピーダンスであり電流増幅器であると言える。エミッタ接地はもっとも電力利得が大きくよく使用される。コレクタ接地は高入力インピーダンス, 低出力インピーダンスでありバッファとして使用される。
13	FET基本増幅回路	FET基本増幅回路にはゲート接地, ソース接地, ドレイン接地の3種類があり, それぞれトランジスタ基本増幅回路のベース接地, エミッタ接地, コレクタ接地に対応する。
14	基本増幅回路の縦続接続	単独の基本増幅回路だけでは要求された特性が実現できない場合は, 複数の基本増幅回路を組み合わせて増幅器を作る。増幅回路同士をコンデンサを介して結合する形式をRC結合増幅回路と呼ぶ。
15	トランジスタの高周波等価回路とFETの高周波等価回路	トランジスタは真性トランジスタとそれに寄生する素子に分けて考えることができる。トランジスタの高周波等価回路には高周波T形等価回路やエミッタ接地高周波ハイブリッド形等価回路などがある。FETの場合は高周波における特別な等価回路を導入する必要はなく, 電極間容量を考慮すればよい。
16	定期試験の返却と解説, ミラー効果を考慮した小信号増幅器の周波数特性	増幅器の入出力間の容量が実際よりも大きく見える現象をミラー効果と呼ぶ。増幅器の周波数特性において, 低域遮断周波数から広域遮断周波数までを帯域幅と呼ぶ。
17	多段増幅器の周波数特性	トランジスタを複数個用いて, 増幅器を縦続接続した場合, 全体の利得は各段相互の影響を考慮して求める必要がある。また, 異常発振に注意する必要がある。
18	広帯域増幅回路	増幅器の広域遮断周波数を拡大するためには, コイルと次段の容量の共振現象を利用して利得の低下を抑える手法が有効である。これをピーキングと呼ぶ。ピーキングには直列ピーキングと並列ピーキングがある。
19	負帰還の原理, 効果, 種類	特性が多少不完全ではあるが大きな利得を有する増幅器と, 特性の優れた減衰器を組み合わせて温度変化などに対する全体の特性を改善する技術として負帰還がある。
20	負帰還による入出力インピーダンスの変化	負帰還には直列-直列帰還, 並列-並列帰還, 直列-並列帰還, 並列-直列帰還がある。入出力インピーダンスは直列接続の場合は増大し, 並列接続の場合には減少する。
21	負帰還回路の実際(前半)	エミッタ接地基本増幅回路からバイパスコンデンサを除去すると直列-直列帰還をかけたことになる。この場合の入出力インピーダンスや利得を計算する。
22	負帰還回路の実際(後半)	並列-並列帰還を例としてとりあげ入出力インピーダンスや利得を計算する。
23	中間試験	(中間試験を実施する)
24	中間試験の返却と解説, 負帰還回路の安定性と位相補償	負帰還回路において位相が180度回転する周波数で開ループ利得が1以上であると発振する。これを避けるため位相補償という方法がある。
25	直流電流源回路	直流電圧源は電池により容易に得られるが, 電流源はトランジスタを使用して回路的に実現する。代表的な直流電流源回路にカレントミラー回路がある。
26	差動増幅回路	差動増幅回路は特性のそろった二個のトランジスタのエミッタを結合した増幅回路であり, 大容量のコンデンサを使用することなく直流から信号を増幅できるという特徴がある。差動増幅回路の良さを表す重要な尺度にCMRRがある。
27	高利得増幅回路, ダーリントン接続トランジスタ	一段の増幅回路で高利得を実現する手法として能動負荷の使用がある。また, 二個のトランジスタを用いて回路的に電流増幅率が大きいトランジスタを実現する手法としてダーリントン接続がある。
28	直流増幅回路, レベルシフト回路(前半)	直流から増幅することを目的とする直流増幅回路ではRC結合増幅ではなく直結増幅とする必要がある。その際, 後段のトランジスタに適正なバイアスをかけるために, レベルシフト回路が必要となる。
29	レベルシフト回路(後半), 乗算回路	レベルシフト回路には抵抗分割レベルシフト, 直流電流源によるレベルシフト, ツェナダイオードなどの直流電圧源によるレベルシフトなどがある。乗算回路は差動増幅回路を応用して実現することができる。
30	演習	総合的な演習を行う。
備考	本科目の修得には, 60 時間の授業の受講と 30 時間の自己学習が必要である。前期, 後期ともに中間試験および定期試験を実施する。	