- 1陸技の無線工学
  - 無線工学A ⑨
  - 無線工学の基礎
    - 電気物理
      - 電場
        - 電荷と電場
          - クーロンの法則
            - 点電荷間に働くクーロン力は電荷量の積に比例する
          - 電気力線
            - 電場を視覚的に表す
          - ガウスの法則
            - 閉曲面を貫く電気力線の数は内部の全電荷量と等しい
        - 電位
          - 任意の2点間の電場の線積分
            - 電場が1[C]の電荷を2点間移動させるのにする仕事
          - コンデンサ
            - 電気容量
              - Q=CV
            - 誘電体
              - 極板間に挟むことにより電気容量が変わる
            - エネルギー
              - 1/2 QV 極板にQの電荷をためるために電場に逆らってする仕事量
      - 磁場
        - 磁石と磁場
          - クーロンの法則
            - 磁場でも同様の電荷と同じ法則が成り立つ
          - 磁力線
            - 磁場を視覚的に表す
        - 電流と磁場
          - 電流から生じる磁場
            - 右ねじの方向に磁場ができる
          - アンペールの法則
            - ビオサバールの法則
            - 電流が作る磁場を計算するどちらも本質は同じ
          - 電流にかかる力
            - ローレンツ力
              - 動く電荷に対して電磁場が及ぼす力
            - ホール効果
              - 導体を流れる電流に磁場をかけるとローレンツ力により電流が偏る
            - フレミングの左手の法則
              - ローレンツ力の向きをすぐ知ることができる
        - 電磁誘導
          - Faradayの電磁誘導の法則
            - レンツの法則
              - 磁場の変化を妨げる方向に起電力が発生する
          - コイル
            - 自己インダクタンス
              - コイルに流れる電流の微分と起電力間の比例係数
            - 相互インダクタンス
              - 和動接続
                - 磁束が加わるようなコイルの接続
              - 差動接続
                - 磁束が打ち消しあうようなコイルの接続
            - コイルが蓄えるエネルギー
              - 電源がコイルに供給したエネルギー
      - 熱電効果
        - ゼーベック効果
          - 異なる金属の接合部に温度差をつけると起電力が生じる
        - ペルチェ効果
          - 一定温度下で異なる金属の接合部に電流を流すと熱が出る
        - トムソン効果
          - 1種類の金属でもゼーベック効果が起きる
      - 電磁波
        - Maxwell方程式
      - 単位
        - SI単位系
        - 次元合わせ
    - 電気回路
      - 直流回路
        - オームの法則
          - 合成抵抗
            - 複数の抵抗と等価な抵抗値
            - 対称回路の合成抵抗
            - 同形回路の無限接続
            - Δ-Y変換
            - テクニック
        - ジュール熱
          - 電力
            - IV
        - ブリッジ回路
          - ホイートストンブリッジとか
            - 未知の抵抗を求める
            - コイルやコンデンサのインピーダンスでも使える
        - 回路解析
          - 電圧の分圧
            - 直列回路の抵抗それぞれにかかる電圧
          - 電流の分流
            - 並列回路のそれぞれの抵抗に流れる電流
          - キルヒホッフの法則
            - 1ループで電位差が元に戻る
            - 電流が分岐すると元と分岐後の和が等しい
          - 諸定理
            - 重ね合わせの定理
              - 2つの電源があるとき、別々の回路として計算して足してもよい
            - テブナンの定理
              - 対称回路の枝路R1を切り端子の電圧Vを求め、他の部分の合成抵抗R0を求めればV/(R1+R0)
            - ノートンの定理
              - テブナンの定理のコンダクタンス版
            - ミルマンの定理
      - 交流回路
        - 交流電流
          - 正弦波交流
            - 平均値
              - 2V/π(半周期での積分)
            - 実効値
              - V/√2
            - 複素数表示
              - expを使った時の成分表示
          - インピーダンス
            - コイル：jωL
            - コンデンサ：-j 1/ωC
        - 交流電力
          - 瞬時電力
            - 瞬時値
          - 有効電力
            - 実部
          - 無効電力
            - 虚部
          - 皮相電力
            - 電圧電流の実効値同士の積
          - 複素電力
            - Vの複素共役*I
          - 力率
            - 電流電圧の位相差のcos
        - ひずみ波
          - フーリエ級数展開における高調波成分
          - フーリエ級数により任意の周期関数が書ける
          - ひずみ率
            - 基本波に対する高調波の割合
        - 共振回路
          - インピーダンスが純抵抗のみの時、回路が共振しているという
        - 過渡現象
          - スイッチの切り替えなどで定常状態が変わるときLやCに蓄えられたエネルギーが変化を妨げる方向に使われる
      - 2端子回路と2端子対回路
        - 2端子回路
          - 定抵抗回路
            - インピーダンスが周波数によらず一定
          - 逆回路
            - インピーダンスの積が周波数によらない関係にある回路
        - 2端子対回路
          - Fパラメータ
            - 1次側のIとVを2次側のIとVで書く時の係数
          - フィルタ
          - 微分回路
          - 積分回路
    - 半導体・電子管
      - 電子
        - 9.1*10^{-31}kg, e=-1.6*10^{-19}[C]
        - 静電レンズ
          - 電位が変わる境界でスネルの法則が成り立つ
        - 静電偏向
        - 磁場中電子
        - 電磁偏向
        - 磁界収束
        - ローレンツ力
      - 半導体
        - Si, Ge等
          - 半導体の物性
        - 性質
          - 電気抵抗の温度計数が負
          - 不純物や結晶の乱れがあると電気抵抗が大きく変化する
          - 光電効果、ホール効果、整流作用
        - 不純物半導体
          - 不純物なし：ホールと電子が同数
          - p型：ホールをドープし主なキャリアがホール
            - 周期表でいうと半導体の左側の物質を不純物として混ぜる(Al, Ga等)
          - n型：電子をドープし主なキャリアが電子
            - 周期表でいうと半導体の右側の物質を不純物として混ぜる(P, As等)
        - バンド
          - ドナーレベル
            - n型の余った電子が伝導帯の少し下のエネルギーレベルに入る
              - 常温では伝導体に移る
          - アクセプタレベル
            - p型の不純物の電子は禁止帯の少し上のエネルギーレベルに入る
              - 常温では充満帯の電子がこのレベルに入り充満帯にホールができる
        - ダイオード
          - pn接合
            - 逆方向電圧だと電子とホールが逆方向に動くので接合部に空乏層ができて電流が流れない
            - 順方向では多数キャリアが接合部で他の領域に拡散する
          - 定電圧ダイオード
            - ツェナ効果
              - 大きな逆電圧をかけるとトンネル効果により電子が接合部を通り抜ける
            - アバランシェ効果
              - 空乏層の電場で加速された電子がp側の格子をたたいて電子が出て雪崩現象が起きる
          - 可変容量ダイオード
            - 空乏層の大きさをかける電圧により変えてコンデンサのように使用する
          - サイリスタ
            - pnpn構造
          - トンネルダイオード
            - 順方向電圧の値によって空乏層ができることがあり、この時負性抵抗を持つ
          - ガンダイオード
            - GaAsやInP等でマイクロ波の発振を生じることがある
          - インパットダイオード
            - なだれ現象と走行時間効果によって負性抵抗が発生する
          - ショットキーダイオード
            - 半導体と金属を接触させたときの障壁を利用する
          - pinダイオード
            - スイッチングや可変抵抗
          - ステップリカバリダイオード
            - パルス発生や高次逓倍に利用される
        - トランジスタ
          - バイポーラトランジスタ
            - バイアス電圧の加え方
              - E-B:順方向、B-C逆方向
            - 電流増幅率
              - I_C/I_E
            - 雑音
              - フリッカ雑音
              - ショット雑音
              - 分配雑音
          - 接合型電界効果トランジスタ（J-FET）
            - ゲートにかける電圧によりゲート端子間の空乏層の広がりが変化する。これによりゲート電流を制御する
            - 特徴
              - 多数キャリアのみが伝導を担う（周波数特性がよい）
              - G-S間のインピーダンスが大きい
              - 熱的に安定
              - 電圧制御素子
              - 電圧利用率が悪い
          - GaAs FET
          - MOS型FET
            - エンハンスメント型
              - スレッショルド電圧がゼロまたは正
            - ディプレッション型
              - スレッショルド電圧が負
            - 特徴
              - 入力インピーダンスが大きい
              - 高速スイッチングができる
              - 電流容量が小さい
              - 静電気に弱い
              - 高周波特性がよい
              - IC化しやすい
          - CMOS
            - エンハンスメント型のnおよびpチャネルのMOSを組み合わせたもの
            - 特徴
              - 入力インピーダンスが大きい
              - 消費電力が極めて小さい
              - ノイズマージンが大きい
              - 電源電圧の許容範囲が大きい
        - 半導体抵抗素子
          - サーミスタ
            - 抵抗率が温度によって敏感に変化
          - バリスタ
            - 電圧-電流特性が非線形
          - 磁伝素子
            - 半導体に磁場をかけると抵抗が変化する
          - 圧電素子
            - ピエゾ効果（講師ひずみにより抵抗値が変化）や圧電効果（ひずみを加えると起電力が発生したりその逆）
      - 電子管
        - マイクロ波真空管
          - 1000MHz以上で使用する真空管
        - クライストロン
          - 直進形
          - 反射形
        - 進行波管
          - クライストロンの改善版
        - マグネトロン
          - マイクロ波を発振する
        - ブラウン管
          - 蛍光面には系統を表示
      - オプトエレクトロニクス
        - 光電効果
          - 光を電気的効果に変換する現象
          - 光電子放出
            - 物質に光を当てることで物質中の電子が励起され放出される
          - 光導電効果
            - 半導体などに光を照射すると抵抗値が変化する
        - 光起電力効果
          - デンバー効果
          - 光電磁効果
        - 発光ダイオード
          - ダイオードにで順方向電流を流した時、少数キャリアの再結合で光が発生することがある
        - 半導体レーザ
          - 電子をのエネルギー準位を上げて下げることで位相のそろった光を出す
        - フォトダイオード
          - pn接合に逆方向電圧をかけた状態で光を当てると逆方向電流が増加する
        - 太陽電池
          - シリコンのpn接合に光を当てて電気的なエネルギーを取り出す
    - 電子回路
      - 等価回路とバイアス回路
        - hパラメータ
          - トランジスタをただの2端子対とみなす
        - 接地方法
          - ベース接地
            - 電流増幅率α=IC/IE~0.98~0.99
          - エミッタ接地
            - よく使われる
            - 電流増幅率β=IC/IB~100
          - コレクタ接地
            - 電圧増幅率~1
        - バイアス回路
          - トランジスタの動作点を決める
            - バイアス電流、バイアス電圧
          - 固定バイアス回路
            - ベースバイアス電流を決める抵抗を電源に接続し電源と1電源とする
            - 電源電圧が比較的低い時使用する
            - 特徴
              - 回路が簡単
              - 温度変化やばらつきの影響を受けやすて動作点が変化しやすい
              - 安定度がよくない
          - 自己バイアス回路
            - ベースバイアス電流を決める抵抗をコレクタに接続し負帰還をかける
            - 特徴
              - 回路が簡単
              - 負帰還作用によりコレクタ電流が安定
              - 入力インピーダンスが低い
              - 利得が小さい
              - 安定度が電流期間バイアス回路と比較して悪い
          - 電流帰還バイアス回路
            - ベースバイアス電圧を2つの抵抗で分圧
            - エミッタ-アース間に抵抗を入れる（安定化抵抗）
            - 特徴
              - 安定度がよい
              - トランジスタのばらつきの影響が少ない
              - 回路が複雑
              - 電流損失が大きい
      - 増幅回路
        - CR結合増幅回路
          - いろいろな増幅回路で使用
          - 接地する端子によって諸特性が異なる
        - トランス結合増幅回路
          - トランスをインピーダンス整合にために使用する
        - 同調増幅回路
          - 単同調増幅回路
            - 容量結合型
            - トランス結合型
              - 帰還を安定させるため中和コンデンサを使用する
          - 副同調増幅回路
            - 単同調増幅回路と比べて帯域幅が広い
            - 減衰を急峻にできる
        - FET増幅回路
          - ソースとドレインの2端子回路として扱える
          - CR結合増幅回路
            - バイポーラと同様接地する端子によって諸特性が異なる
        - 帰還増幅回路
          - 出力の一部を入力に返す
          - 負帰還増幅回路
            - 逆位相で入力信号に返す
            - 出力から取り出すときと入力に戻すときそれぞれ直列・並列を決められるので4通りの帰還方法がある
            - 増幅度
            - 特徴
              - 利得が安定
              - 周波数特性がよい
        - OPアンプ
          - 反転入力端子と非反転入力端子が同電位になるように働く
          - 反転増幅
            - 反転入力端子に出力を負帰還する
          - 非反転増幅
            - 出力電圧が入力電圧と同相で出力される
          - 差動増幅
            - 2つの入力信号の差増幅する
          - 微分回路
            - RCを使用した回路で入力信号の微分の波形が出力される
          - 積分回路
            - RCを使用した回路で入力信号の積分の波形が出力される
      - 電力増幅回路
        - A級増幅回路
          - トランジスタの特性が直線な部分の動作点を使うので歪が少ない
          - 無信号でも電流が流れるため効率が悪い
        - B級増幅回路
          - 同じ特性のトランジスタを２個使う
          - 半周期ごとに交互に動作させる
          - クロスオーバ歪が発生
        - SEPP回路
          - Single End push-Pull
          - スピーカを駆動するのに使われる
        - ダーリントン接続
          - 入力抵抗が高い
          - 電流増幅度が高い
        - コンプリメンタリ接続
          - 特性のそろったnpn型とpnp型のトランジスタの組み合わせで1入力のPPが作れる
      - 発振回路
        - コレクタ発信回路
          - コレクタ回路にLC共振回路
          - 相互インダクタンスを介して帰還をかける
        - コルピッツ発振回路
          - 負抵抗とコンデンサが接続された等価回路
        - ハートレー発振回路
          - コルピッツのコイルとコンデンサを入替えた回路
        - 水晶発振回路
          - 水晶振動子が特定の周波数帯で誘導性になることを利用
          - コルピッツ型
          - ハートレー型
        - 移相形発振回路
          - L型RC回路を3段接続
        - ウィーンブリッジ型発振回路
          - 2段の増幅回路で入出力が同相になる
        - ターマン型発振回路
          - 入出力が同相になる
        - PLL
          - 位相同期ループ
          - 位相比較器でフィードバックをかけてVCOを制御する
      - パルス回路
        - ミラー積分回路
          - ミラー効果
            - 位相が反転する増幅度Aの増幅器の入出力間にコンデンサを入れると入力端から見たコンデンサの容量が1+A倍になる
          - 直線性がよく、直線範囲の広いのこぎり波を作れる
        - ブートストラップ回路
          - 直線性のよいのこぎり波が作れる
          - 入力インピーダンスを十分大きくする
          - エミッタホロワなど
        - マルチバイブレータ
          - 多くの波を含む発振器
          - 無安定
          - 双安定
          - 単安定
        - クリップ回路
          - 入力電圧の正の部分か負の部分のどちらかを切り取る回路
          - ダイオードと抵抗だけ
          - リミッタ回路
            - クリップ回路に基準バイアスをかけた回路
          - スライス回路
            - 任意の2つの電圧を切り取って出力する
        - クランプ回路
          - 波形はそのままで必要な直流レベルに直す回路
          - 直流再生回路
            - クランプされた波形を半分の振幅を持つ直流電圧に戻す
        - シュミット回路
          - 任意の波形から方形波を作る
      - 論理回路
        - OR回路
        - AND回路
        - NOT回路
        - NAND回路
        - Ex-OR
        - ブール代数
          - ド・モルガン
          - 諸定理
      - 変調・復調回路
        - 変調
          - AM
            - 振幅変調
            - 側波と搬送波
          - FM
            - 周波数変調
            - 周波数偏差
          - PM
            - 位相変調
            - 位相偏移
        - 復調
          - AM
            - 直線検波
            - 包絡線検波
          - FM
            - 周波数弁別回路
              - フォスタ・シーレー弁別回路
              - 比検波器
      - 電源回路
        - 整流回路
          - ダイオード
          - 半波整流回路
            - 一つのダイオードで負の半サイクルは捨てる
          - 全波整流回路
            - 負の半サイクルも正の電圧として出力
        - 平滑回路
          - R,L,Cを使ってLPFとする
        - 定電圧回路
          - 出力をフィードバックして電圧を制御する
          - スイッチングレギュレータ
            - スイッチのON/OFF制御で出力を調整
          - DC-DCコンバータ
            - 直流電圧を異なる電圧に変換
            - インバータ整流型
              - 直流→交流→直流
            - エネルギー蓄積型
              - オンのときエネルギーを蓄積して放出時間の比率をスイッチで制御
          - インバータ
            - 自励式
              - トランスからの電圧を正帰還させてスイッチ動作を自動的に行う
            - 他励式
              - プッシュプル方式
      - 雑音
        - 熱雑音
          - 電子のランダムな熱運動による雑音
          - ホワイトノイズ
        - 真空管・トランジスタの雑音
          - 散射雑音
            - キャリアの進行方向や速度のばらつきによる雑音
            - 不規則
          - フリッカ雑音
            - 表面の不規則性による
            - 低周波
          - 分配雑音
            - いくつかの電極に電流が分かれるときの割合の変動による雑音
    - 電気磁気測定
      - デシベル
        - 比を表す
      - 誤差
        - 測定値と真の値との差
        - 系統誤差
          - 測定回数によらずある傾向に従った誤差
          - 理論的誤差
            - 仮定や近似を行うことによる誤差
          - 計測器誤差
            - 校正や調整の不良
            - 温度変化など
          - 個人的誤差
            - 測定する人の癖などによる誤差
          - 動誤差
            - 測定料の変化が早くて計測器が追従できない
        - 偶然誤差
          - 原因を突き止められない誤差
          - 正規分布に従う
        - 過失誤差
          - 測定器の操作の誤りによる
      - 指示計器
        - 電気的な量を力学的な量に変換
        - a級は定格値のa%の誤差を許容する
          - 0.2級：副標準器用
          - 0.5級：精密測定用
        - 構成要素
          - 駆動装置
          - 制御装置
          - 制動装置
        - 誤差
          - 測定器自身の誤差
            - 可動部の摩擦
            - ゼロ点狂い
            - etc
          - 外界の影響による誤差
            - 温度の変化
            - 電界磁界
            - 振動
        - 種類
          - 可動コイル型計器
            - 磁界中のコイルに掛かる力を利用
            - 平均値指示
          - 可動鉄片型計器
            - 磁界中の鉄板に働く力を利用
            - 交流の実効値指示
          - 電流力計型計器
            - 固定コイルと可動コイル相互間の力を利用
            - 交流・直流・電力
          - 熱電型計器
            - ジュール熱による温度上昇を熱電対の電圧で測定
          - 誘導型計器
            - 誘導電動機と同じ原理
            - 回転する磁界中においた金属円板の回転を利用
          - 静電型計器
            - コンデンサをの極板間に働く力を利用
            - 電圧計
          - 整流形計器
            - ブリッジ型整流器で整流して可動コイル型計器を交流でも使用できるようにしたもの
        - 測定範囲の拡大
          - 分流器
            - 電流計に並列に接続
            - メータに流せない電流をバイパス
          - 倍率器
            - 電流計に直列で接続
            - メータに掛けられない電圧を分圧
      - 電圧と電流の測定
        - 測定回路に影響を与えないことが重要
          - 理想的な電流計：内部抵抗=0Ω
          - 理想的な電圧計：内部抵抗＝∞Ω
        - 直流電位差計
          - 電圧の精密測定
          - 電流計、電圧計の精密な校正
          - 既知電圧と未知電圧とを平衡させて測定する
        - 電子電圧計
          - インピーダンスの高い回路の測定
          - 高周波の測定
          - 整流-増幅型（P型）
            - プローブの部分に整流回路を内蔵
          - 増幅-整流型
            - 被測定電圧を増幅し、整流してから可動コイル型計器を振らせる
            - 高感度電子電圧計またはミリバルと呼ばれる
        - 交流電力と電力量の測定
          - 負荷の力率を求める
          - 三電圧計法
            - 電圧計を3個使用
          - 三電流計法
            - 電流計を3個使用
          - 高周波電力の測定
            - 熱電対電力計法
              - 結合コンデンサを介して熱電対を負荷に並列に接続
              - ～30MHz,100Wまで
            - カロリメータ法
              - 水を温めて温度上昇で電力を測定
              - 誤差を生じやすい
              - 校正用ヒーターを用いた置換法で測定
            - ボロメータ法
              - 温度で抵抗値が変化する素子を利用して電力を測定
              - ボロメータ
                - サーミスタ
                - バレッタ
        - 回路素子の測定
          - 抵抗の測定
            - 低抵抗
              - 電位差計法
                - 四端子法
              - ケルビンダブルブリッジ
                - 配線や接触抵抗の問題を解決
            - 中抵抗
              - テスター
              - 電圧計電流計法
                - 電圧と電流をそれぞれ図る
              - ホイートストンブリッジ
                - ホーとストンブリッジを使う
            - 高抵抗
              - 絶縁抵抗計
                - 1000V程度の一定電圧で抵抗を測定
          - Qメータ
            - 共振回路の性質を利用してコイルのインダクタンス、実行抵抗、Q、分布容量などを測定
            - 標準コイルを用いて未知インピーダンスを測定
        - 交流ブリッジ
          - ホイートストンブリッジの派生
            - 比形ブリッジ
              - 隣り合った辺に純抵抗
            - 積形ブリッジ
              - 対辺に純抵抗
          - 名前は重要じゃないがインピーダンスを使ってホイートストンブリッジと同じ手法でインダクタンスや静電容量を求められる
        - 周波数と位相の測定
          - 計数型周波数計
            - 周波数カウンタとも
            - 被測定波をパルス波に変換してゲート回路で数える
          - オシロスコープ
            - 波形を直接観測
            - 波形を静止させるため同期が必要
          - リサージュ図形
            - XY動作でそれぞれに違う周波数を入れて形よって既知の正弦波から未知の周波数を知ることができる
          - 位相差
            - 二現象オシロスコープ
              - ゼロ電位が時間軸を切る点を正確に重ねて表示できる
            - リサージュ図形
              - 楕円や円、直線になったりする
              - y軸との交点とy方向の最大値で位相差がわかる
  - 無線工学B ⑤

Presented with xmind