

この課題のゴール

映像教材「CMOS アナログ回路の設計 (1)」のなかで出された課題をチームで協力して時間内に達成する。

約 **80** 分課題の目的

シミュレーションソフト「LTspice」の下記の操作方法を説明できるようになる。

- ・トランジスタのモデルを登録する
- ・NMOS トランジスタの DC 特性をシミュレーションする
 - Vgs-Ids 特性
 - Vds-Ids 特性
 - 基盤バイアス効果



音読

手順

5-1-1 映像教材「LTspice1」を視聴して課題を達成しましょう。

- ・チームにわかれて 1 台のノートパソコンで「LTspice1～トランジスタの登録～」(2分32秒)を視聴します。
- ・もう 1 台のノートパソコンでインストールした LTspice を実際に操作して「今回使用するトランジスタのモデルを登録」します。

約 15 分

5-1-2 映像教材「LTspice2」を視聴して課題を達成しましょう。

- ・チームにわかれて 1 台のノートパソコンで「LTspice2～NMOS の DC 特性～」(8分02秒)を視聴します。
- ・もう 1 台のノートパソコンで LTspice を実際に操作して「NMOS トランジスタの DC 特性をシミュレーション」します。

約 50 分

5-1-3 学習成果をまとめましょう。

- ・ **5-1-1**・**5-1-2** で出された課題を達成したプロセスを図で簡単にまとめよう。
- ・ **5-1-1**・**5-1-2** の作業を通して習得した知識・技術を簡単にまとめよう。

約 15 分

>> 詳細は次のページへ

5-1-1 映像教材「LTspice1」を視聴して課題を達成しましょう。

5-1-1 めやす

[チーム作業]

15分

- 1 チームで2台のノートパソコンを使用します。

映像教材視聴用パソコン	1台
シミュレーションソフト「LTspice」操作用パソコン	1台
- 映像教材「LTspice1」(2分32秒)をチームメイトと一緒に視聴します。
- シミュレーションソフトを実際に操作しながら、下記の課題を達成しましょう。



司会

課題

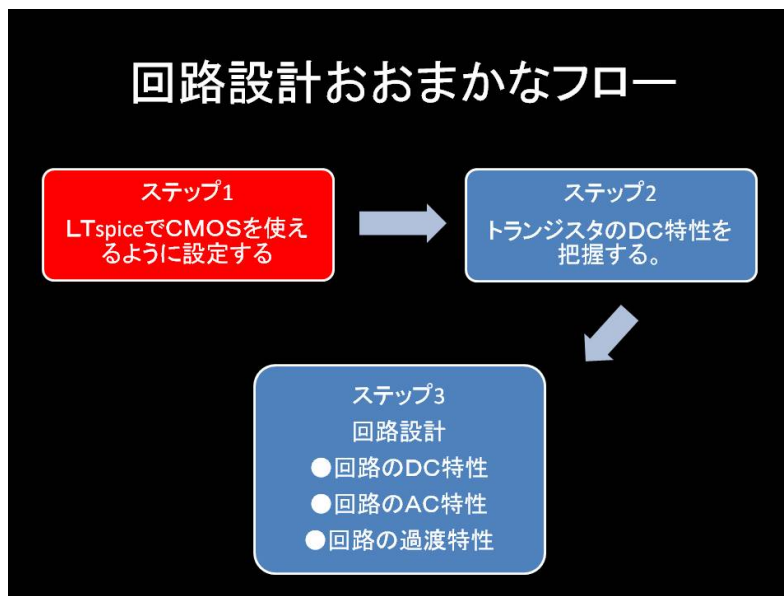
LTspiceに今回使用するトランジスタのモデルを登録する



音読

- その際、どのように課題を達成したのか、そのプロセスをフローチャートを用いて記録しましょう。

イメージ：回路設計における課題5-1-1の位置づけ



5-1-2 映像教材「LTspice2」を視聴して課題を達成しましょう。

5-1-2 めやす

[チーム作業]

- ・ **5-1-1**と同じ手順で映像教材「LTspice2」(8分02秒)を視聴します
- ・ シミュレーションソフトを実際に操作しながら、下記の課題を達成しましょう。

50分



司会

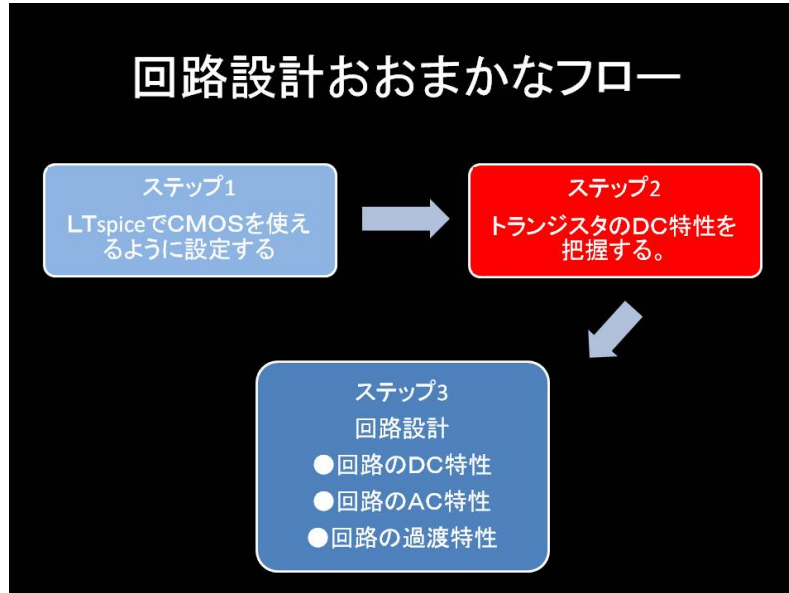


音読

課題

- ・ $V_{gs} - I_{ds}$ 特性の見せる
 - 閾値はいくらか 単位[V]
 - g_m はいくらくらいか 単位[S] ジーメンス
(W/L を変えるとどうなったか)
 - ・ $V_{ds} - I_{ds}$ 特性を見せる
 - 出力抵抗(もしくは λ)はいくらくらいか 単位[Ω]
(L を変えるとどうなったか)
 - ・ 基板バイアス効果
 - V_{sb} をかけると、閾値はどのように変化したか。
 - ・ 余力があれば、PMOSについても同様に調べて、発表してもらう
- ・ その際、どのように課題を達成したのか、そのプロセスをフローチャートで記録しましょう。

イメージ：回路設計における課題**5-1-2**の位置づけ



5-1-3 学習成果をまとめましょう。

5-1-3 めやす

15 分



音読

[チーム作業]

- ・ 各課題に応じて課題を達成したプロセスを簡単にフローチャート形式にまとめましょう。その際に、**5-1-1**・**5-1-2**で記録したメモを参考にしましょう。
- ・ 最後に、**5-1-1**・**5-1-2**全体を通した習得した知識・技術を1人ずつ発表し、チームの意見としてまとめましょう。
- ・ まだ達成できていない課題やフローチャートにまとめられていない課題についてはチームメイトと予定を合わせて、来週までに達成しましょう。
- ・ 完成したフローチャートなどのデータを e-learning システムにアップロードしてほかのチームと共有しましょう。

>> 次の課題**5-2**で学習成果を他のチームに報告し共有します。

使用した教材一覧

教材映像：

You Tube 動画

- ・「LTspice1～トランジスタの登録～」(作成者：学習サポーター 宮脇成和)
URL : <http://bit.ly/hW9hp0>
- ・「LTspice2～NMOS の DC 特性～」(作成者：学習サポーター 宮脇成和)
URL : <http://bit.ly/fViYhX>

*京都レッツラン大学校のホームページからも視聴できます。

URL : <http://www.ks-pl.org/>

参考 URL:

http://www.geocities.jp/ltspice_swcadiii/

(LTspice の基本的な操作がわかりやすくまとめてある)

この課題のゴール

課題**5-1**をふりかえって、今回の学習成果をほかのチームに発表してフィードバックを得る。

約 **10** 分

課題の目的

学習成果をふりかえることで気づきを得るとともに、次回の個人学習・チーム学習の課題を明確にする。



音読

手順

5-2-1 各チームの持ち時間は 10 分です。その中で学習成果の報告と質疑応答を行います。

約 10 分

>> 詳細は次のページへ

5-2-1 チーム間で学習成果の共有をしましょう。

5-2-1 めやす

[全体作業]

- ・ **5-1-3**の作業を先に終えたチームから発表します。
- ・ 発表するチームの机のまわりに参加者全員が集まります。
- ・ 1チームの持ち時間は5分間で、時間内に発表と質疑応答を終えてください。
- ・ 発表チームは**5-1**の課題についてチーム内で話し合った結論を発表しましょう。
- ・ 聴き手のチームは、参考になった点やもっと聴きたい点など発表へのフィードバックをしましょう。

10分



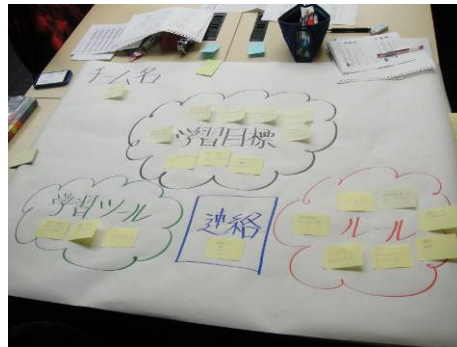
司会



音読



発表・質疑応答のイメージ



提示する学習ツールや資料のイメージ

>> 今回の課題は終了です。各自、解散して下さい。
お疲れ様でした！！

この課題のゴール

映像教材「LTspice3～gm とλの導出～」の作業チェックリストの各項目を達成する（最終課題のステップ1の完了）。

約 **80** 分

課題の目的

CMOS アナログ回路の設計において、gm とλの導出方法を説明できるようになる。

手順



音読

6-1-1 今回の課題を確認しましょう。

- ・今回の作業に必要な物の確認をします。
- ・音読係が今回の作業の課題をチームメイトに読み聴かせます。

約 5 分

6-1-2 映像教材「LTspice3～gm とλの導出」を視聴し課題を達成しましょう。

- ・映像教材「LTspice3～gm とλの導出」パート A/パート B の指示に沿って、LTspice を操作しましょう。
- ・映像教材は A パート/B パートの2種類あります。
- ・作業チェックリストに挙げられた項目を一つずつ達成していきましょう。

約 65 分

6-1-3 学習成果をまとめましょう。

- ・作業チェックリストに基づいて課題の達成度を確認しましょう。

約 10 分

>>詳細は次のページへ

6-1-1 今回の課題の確認をしましょう。

[チーム作業]

- (1) 準備物を確認しましょう。
 - ・映像教材視聴用パソコン 1台
 - ・シミュレーションソフト「LTspice」操作用パソコン 1台
 - ・配布資料1 第6回 CMOS アナログ回路の設計(2) 課題スライド
 - ・配布資料2 第6回 CMOS アナログ回路の設計(2) 作業チェックリスト
 - ・映像教材「LTspice3～gmとλの導出～」パートA/パートB
- (2) 音読係は「配布資料1」と「配布資料2」をチームメイトに読み聴かせましょう。
- (3) チーム内で最終課題と今回の課題を確認しましょう。

6-1-1 めやす

5分



音読

6-1-2 映像教材「LTspice3」を視聴し課題を達成しましょう。

[チーム作業]

- ・映像教材「LTspice3～gmとλの導出～」パートA/パートBをチーム内で視聴します。
- ・「配布資料2」に沿って、シミュレーションソフトを実際に操作しながら、作業チェックリストを埋めていきましょう。
- ・「配布資料2」に説明してある通り、「答えを出す必要がある項目」について作成したデータをe-learningシステムの映像教材「LTspice3」に資料としてアップロードしましょう。
- ・今回、映像教材「LTspice3」でわかりにくかった箇所などLTspiceの使用方法について、キーワード別掲示板機能を使ってFAQを作成しましょう。
- ・達成できなかった作業工程は次回の集まりまでに必要なデータとなるのでチームメイトで別に集まる時間を設定して残りの課題を達成しましょう。

6-1-2 めやす

65分



司会



音読

6-1-3 学習成果をまとめましょう。

[チーム作業] A3用紙一枚にまとめましょう。

- ・作業チェックリストをもとに課題の達成度を確認しましょう。
- ・達成できていない課題について、次回までにいつ集まって課題を達成するのか、スケジュールを調整しましょう。
- ・課題を進める上で上手くいかなかった箇所・難しかった箇所をまとめましょう。

6-1-3 めやす

10分



司会



音読

>> 次の課題6-2で学習成果を他のチームに報告し共有します。

CMOSアナログ回路の設計に挑戦(2) ~gmとλの導出~

作業チェックリスト

- ・今回のテーマは「グラフからなにがわかるのか」で、LTspiceとExcelを使って、定量的にgmと出力抵抗の導出をおこないます。
- ・今回のゴールは1~3の各項目を完了することです。今回の作業内容は最終課題のステップ1に該当する部分です。ステップ2に進むためには今回の課題を達成する必要があります。したがって、予定時間内に作業が完了しない場合は次回までの課題となります。
- ・各項目の作業内容が完了すれば「完了済チェック」に○印をつけていきましょう。
- ・「答えを出す必要がある項目」に○印が入っている項目の作業内容は計算やグラフの作成が必要となります。チームメイトと協力してこれらの課題を達成しましょう。なお、作成できたグラフなどのデータは学習成果物としてe-learningシステムのLTspice3VIDEOの資料としてアップロードしましょう。

1 Vgs-Ids特性を調べる(gmの導出)

項目	作業内容	答えを出す必要がある項目	完了済チェック	難しかった点・気づいた点を記入
1.1	回路図を書く			
1.2	.param 文を使って、トランジスタのパラメータを決める			
1.3	シミュレーションを行って、Vgs-Ids特性を調べる			
1.4	グラフのデータを.txtファイルに出力して、Excelに取り込む			
1.5	ExcelでVgs-Ids特性を表示させる			
1.6	Excelで計算を行って、Vgs-gmのグラフを描く	○		
1.7	余力があれば、(W/L)を変化させた場合Vgs-gmのグラフを書く	○		

2 Vds-Ids特性を調べる(λの導出)

項目	内容	答えを出す必要がある項目	完了済チェック	難しかった点・気づいた点を記入
2.1	LTspiceでVds-Ids特性を調べる。			
2.2	.step 文を使って、ゲート長Lが異なる場合のVds-Ids特性を書く。			
2.3	グラフのデータを.txtファイルに出力して、Excelに取り込む			
2.4	ExcelでVds-Ids特性を表示させる。			
2.5	Excelで出力抵抗とλを求める	○		
2.6	ゲート長が異なる場合の出力抵抗と、λを比較する	○		

3 PMOS

項目	内容	答えを出す必要がある項目	完了済チェック	難しかった点・気づいた点を記入
3.1	余力があれば、PMOSについても同様にgmとλを求める。	○		

この課題のゴール

6-1 をふりかえて、今回の学習成果をほかのチームに発表してフィードバックを得る。

約 **10** 分

課題の目的

学習成果をふりかえることで気づきを得るとともに、次回の個人学習・チーム学習の課題を明確にする。



音読

手順

6-2-1 各チームの持ち時間は 10 分です。その中で学習成果の報告と質疑応答を行います。

約 10 分

>> 詳細は次のページへ

6-2-1 チーム間で学習成果の共有をしましょう。

6-2-1 めやす

[全体作業]

- ・ **6-1-3**の作業を先に終えたチームから発表します。
- ・ 発表するチームの机のまわりに参加者全員が集まります。
- ・ 1チームの持ち時間は5分間で、時間内に発表と質疑応答を終えてください。
- ・ 発表チームは**6-1**の課題についてチーム内で話し合った結論を発表しましょう。
- ・ 聴き手のチームは、参考になった点やもっと聴きたい点など発表へのフィードバックをしましょう。

10分



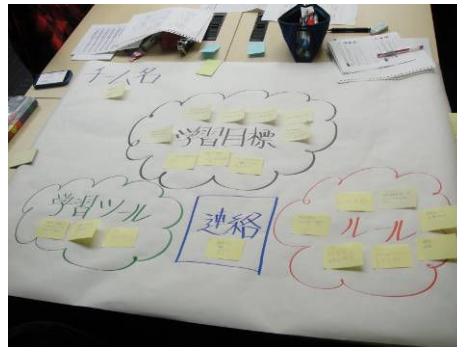
司会



音読



発表・質疑応答のイメージ



提示する学習ツールや資料のイメージ

>> 今回の課題は終了です。各自、解散して下さい。
お疲れ様でした！！