

ノウハウの組織への蓄積と人材育成

中村久任^{*1}, 鈴木 陽^{*2}

本報告は、教材作成を通じた指導員の人材育成と、その成果物が保持するノウハウの組織への蓄積を目指して取り組んだ事例の中間報告である。人材育成は、先輩指導員の監修の下、後輩指導員が講師用テキストを作成した。また、担当した指導員を中心に所属する系の関係指導員とレビューを行い、修正・改善点をまとめ、具体的な作業は、本年度初めて担当した指導員が行うことにした。最終的に先輩指導員が確認を行い、作業を一区切りとする。これらの取り組みがノウハウの組織への蓄積に繋がると考える。これらの取り組みが一科目に留まらず、他の科目への広がりも目指し、系内の指導員と共通の認識・理解を持てるよう取り組んでいる。

1. はじめに

現在の職業訓練の現場では、技能・技術等のノウハウは各指導員に蓄積され、組織としてシステムティックに残るようにはなっていない。多くのノウハウを持っている指導員が異動になる場合は、その引き継ぎがしばしば問題となる。複数の指導員が共通のノウハウを保持している状況であれば、さほど問題とはならないが、高い技能・技術となるとその本質を理解した上で指導員間で引き継ぐことは、部分的にはできたとしても全体となると簡単なことではない。

本報告は、兵庫職業能力開発促進センター（愛称：ポリテクセンター兵庫）電子系での技能・技術等のノウハウの組織への蓄積と系内の人材育成を目的に取り組んだ事例の中間報告である。

これに取り組む題材として、今回は『トランジスタ回路設計技術』訓練生用/講師用テキスト作成に取り組んだ。尚、本教材は今年度の教材コンクールで特別賞（理事長賞）を頂いた。

2. 開発教材と人材育成

まず、教材開発を通じた人材育成について紹介する。

2.1 作成に至った背景 本教材は、ベテラン指導員である中村が日頃から疑問や問題に感じていることを解決に向けて実際に取り組む中で作成したものである。その疑問や問題を次に示す。

- ① 技能・技術に関するノウハウをどのようにしたら伝承・蓄積できるのか。
- ② 後輩指導員の育成を効果・効率的に行うには、どのようにすれば良いのか。
- ③ 真の実践力を養うには、どのようにすれば良いのか。
- ④ ただ教材コンクールに出すだけで良いのか。

これらのことを考える中で、『トランジスタ回路設計技術』訓練生用/講師用テキストを作成することとした。なぜ今更トランジスタなのかと疑問に感じる方も多いかと思う。新しい技術や手法または実践的（現場の）課題を教材作成のテーマにすることが一般的な流れにあるが、ここで敢えてトランジスタを選択した理由は、

次の三点である。

- ① 後輩指導員（初任層）を指導するに当たり、電子の指導員の出発点に当たる技能・技術及び知識をしっかりとこの時期に抑えてもらいたかった。
- ② ポリテクセンターでしか学べない必須のテーマと考えた。
- ③ 基本の本質を理解することが、その応用技術の理解を促進し、現場で抱える問題に柔軟な対応できると考えた。

2.2 訓練の状況 本教材は、当センターで実施している離職者訓練コース電子回路エンジニア科のトランジスタの訓練における訓練の質の向上及び質の維持を目的として作成した。訓練の質の向上・維持のためのテキストや各課題の充実は勿論だが、教える指導員側の認識や技能・技術・知識のレベルの統一や底上げも欠くことのできない取り組み事項である。

トランジスタの授業は、後輩指導員である鈴木氏と二人三脚で進めてきたが、今年度に入り新任の先生が来られ、三人四脚となった。元々の授業内容は、先輩指導員である中村がカリキュラムの構成を考え、以前から使ってきたテキストを修正しながら授業を展開してきた。後輩指導員である鈴木氏は兵庫が最初の赴任地であったので、授業を担当できるようになるまで次に示す①から④の段階を踏んで、授業を担当できるようになった。

- ① 先輩指導員の授業の聴講
- ② 設計手法の整理
- ③ シミュレーションや実習の確認
- ④ 担当を段階的に増やす

しかし、様々な業務を行いながらの準備作業になるので、たとえ聴講できたとしても基本的にはテキストの内容を理解するために勉強し、授業に臨むことになる。十分に課題等をこなす時間がとれないようであった。こうしたことから一人でものづくりができるか、厳しいところも多いと日々感じていた。

2.3 教材開発の概要 訓練生用テキストは、先輩指導員中村が二十年近く使ってきたテキストを電子回路エ

*1 兵庫職業能力開発促進センター 組込みシステム技術科

*2 兵庫職業能力開発促進センター 電子回路エンジニア技術科

エンジニア科のカリキュラムに合わせて改訂したものである。回路動作を検証するためのツールとしてのシミュレータの活用法や論理式を交えた解説、実験による確認など、トランジスタ回路設計において必要とされる様々な要素が網羅されている。

講師用テキストは、中村監修の下、後輩指導員である鈴木氏が担当した。主な作業内容は、以下の通りである。

- ① どのような講師用テキストにするか二人で検討
- ② ポイントや式・設計の過程の整理
- ③ シミュレーション、実験の再確認及びデータの整理
- ④ 講師用テキストにまとめる

この講師用テキストを用い魅力ある質の高い訓練にするには、読んだ指導員の理解と努力次第の面もある。全くの初心者では難しいと思われるが、一通り大学等で学んだ指導員であれば、十分理解できるように丁寧に説明されている。

3. 教材の内容

3.1 訓練生用テキスト 訓練生用テキストは理論に裏付けられた設計法を基に概算で設計、これについてシミュレータを使い解析、その結果や豊富な図を用い回路の特性を把握することにより、アナログ的な勘を養えるように工夫した。具体的な事項を紹介する。

- (1) アナログテスタを使い、内部抵抗を意識させた測定を行う。図1はテスタの実物であり、このテスタで測定した結果が図2である。

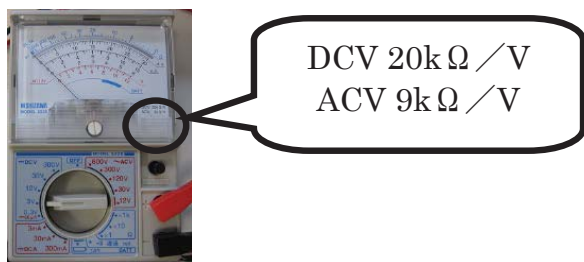


図1 使用テスタと内部抵抗

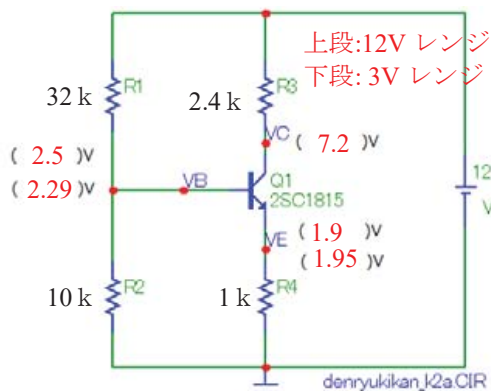


図2 測定結果

- (2) 回路設計にトランジスタの代表的な値を使って設計を行う。

電源電圧 V_{CC} を 12V とし、コレクタ電流 $I_C = 2\text{mA}$ 、コレクタ・エミッタ間電圧 $V_{CE} = 5\text{V}$ になるように、抵抗 R_1, R_2, R_3, R_4 を定め、Operating Point Only で解析しましょう。ただし、 h_{FE} は 100 とし、抵抗は E24 系列から選択せよ。

※設計は、一部省略

$h_{FE} = 100$ なので (実際は140程度)

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{2 \times 10^{-3}}{100} = 20 \mu\text{A}$$

$$I_A > 10I_B \text{ とすると } I_A = 270 \mu\text{A}$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_B}{I_A + I_B} = \frac{9.3}{(270 + 20) \times 10^{-6}} \approx 32 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{V_B}{I_A} = \frac{2.7}{270 \times 10^{-6}} \approx 10 \text{ k}\Omega$$

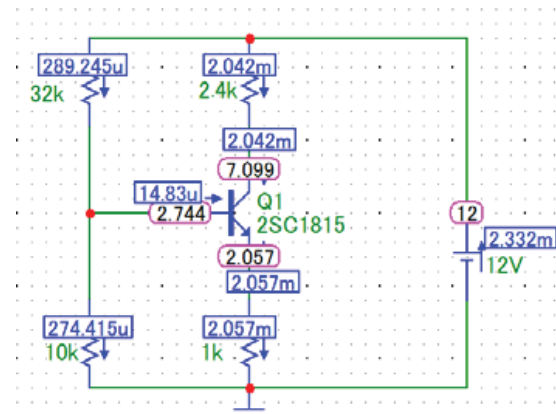


図3 電流帰還型バイアス回路の解析結果

図3の解析結果より、設計値通りの値が得られていることが分かる。

- (3) 測定困難な特性は、シミュレータを使い特性を把握させる。

入力特性 ($V_{BE} - I_B$) の温度による特性の変化を DC 解析する。図4より、計算を行う。

$$\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T^\circ\text{C}} = \frac{V_{BE1} - V_{BE2}}{\text{温度差}}$$

$$= \frac{710.698\text{m} - 773.953\text{m}}{50} \approx -1.27\text{mV}/^\circ\text{C}$$

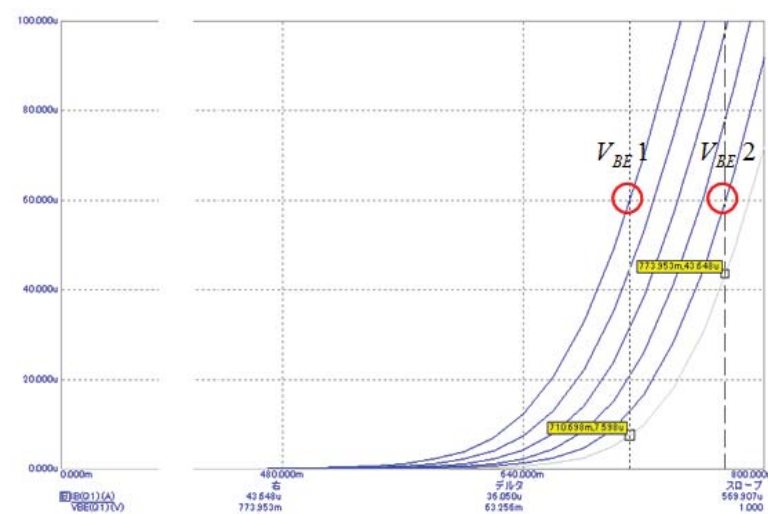


図4 入力特性の温度変化の解析結果

- (4) 「dB」と「倍」の相互変換について電卓等を使わず、概算で行う。

以下の dB と倍の関係を知っていると、相互の変換が概算で行える。

$3dB \approx \sqrt{2} \approx 1.41$, $6dB \approx 2$

$-3dB \approx \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.7$, $-6dB \approx \frac{1}{2} = 0.5$

$17dB \approx 7$ 倍、 $18dB \approx 8$ 倍、 $19dB \approx 9$ 倍

ex. $9dB$ の場合 $16dB$ の場合

$3dB + 6dB = 9dB$ $19dB - 3dB = 16dB$

$1.41 \times 2 = 2.8$ 倍 $9 \times 0.7 = 6.3$ 倍

(5) 理論的などところも式や等価回路を使い丁寧に説明

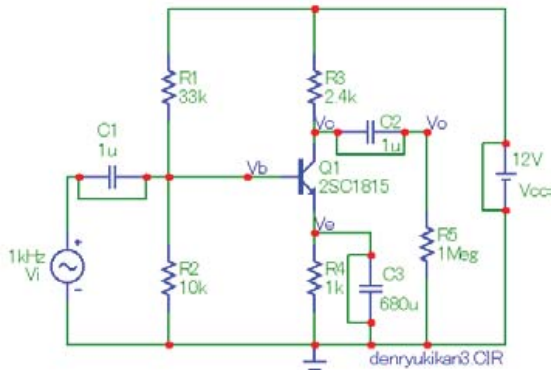


図5 等価回路の誘導

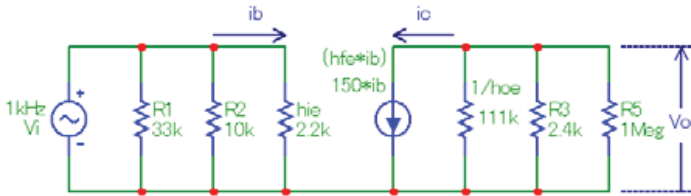


図6 小信号用等価回路

図5より、等価回路がどうなるかを考える。図6が等価回路になる。等価回路より計算を行う。

$$i_b = \frac{v_i}{h_{ie}}$$

$$v_o = -h_{fe} \cdot i_b \cdot \left(\frac{1}{h_{oe}} \parallel R3 \parallel R5 \right) = -h_{fe} \cdot \frac{v_i}{h_{ie}} \cdot \left(\frac{1}{h_{oe}} \parallel R3 \parallel R5 \right)$$

増幅率 A_v は

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} \cdot \left(\frac{1}{h_{oe}} \parallel R3 \parallel R5 \right) \quad \text{ここで } \frac{1}{h_{oe}} \parallel R3 \parallel R5 \approx R3$$

$$A_v = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} \cdot R3 \quad h_{ie} = 2.1k\Omega \text{ なので } h_{ie} \approx R3$$

よって $A_v \approx -h_{fe}$

カスコード接続して入力インピーダンスと高域特性の改善

図7のトランジスタ Q2 を 2SC1815 (図8)から 2SC2499 (図9)に変更すると、高域の特性が伸びる。

3.2 講師用テキスト 特徴的な部分を紹介する。

(1) 訓練生用テキストとの明示的な差を表すため解説部を赤枠、赤文字で示す。また、訓練生用テキストだけでは理解しがたい項目に追加で説明を施した。図10, 11が実際の講師用テキストでの解説内容である。

(2) 図やグラフを多く用いて分かりやすく解説し、解析結果も整理した(図12)。

(3) 等価回路の適用及び式の誘導を漏らさず解説した(図13)。

(4) 実際に回路を製作し、実験データを整理した(図14)。

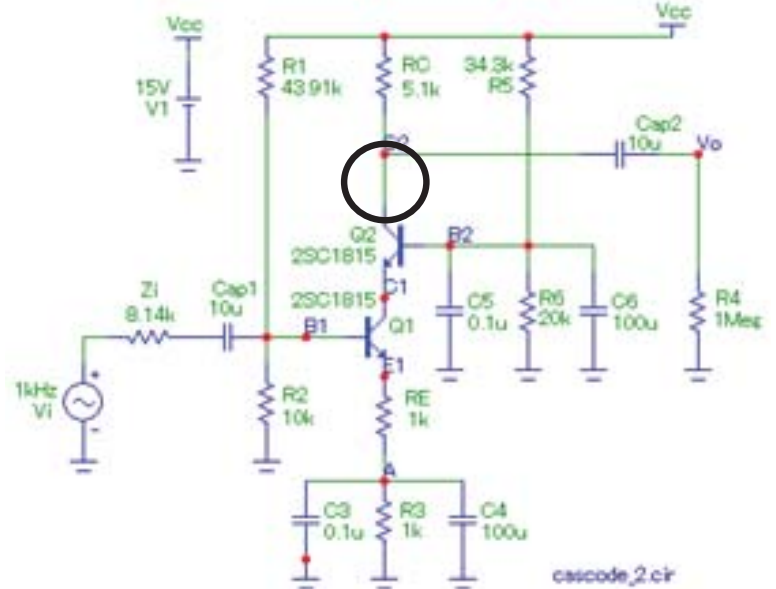


図7 カスコード接続回路

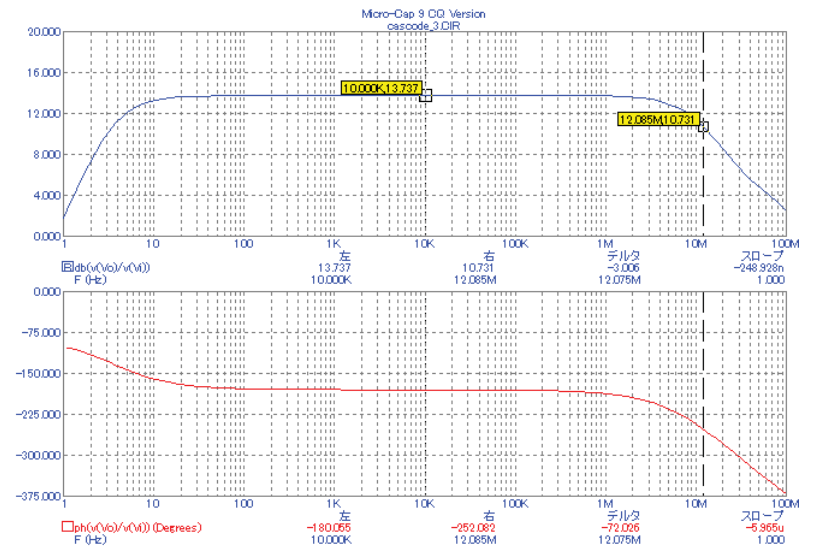


図8 周波数特性 (2SC1815)

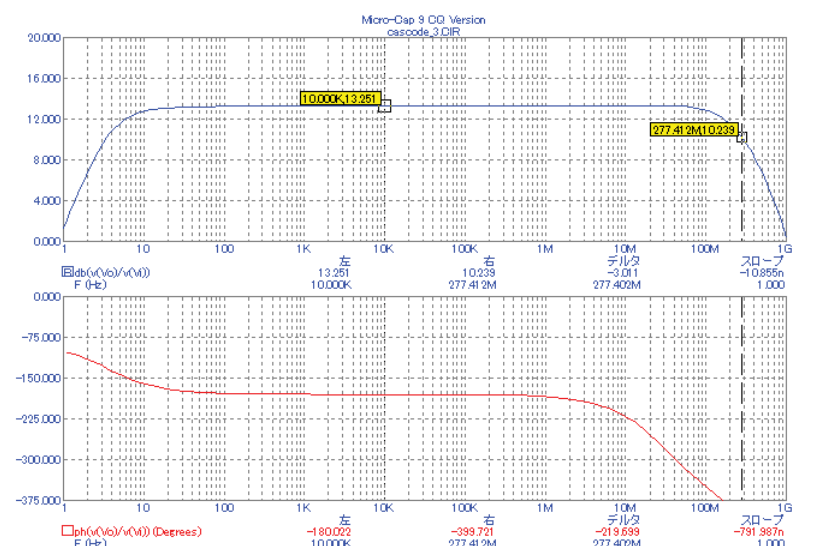


図9 周波数特性 (2SC2499)

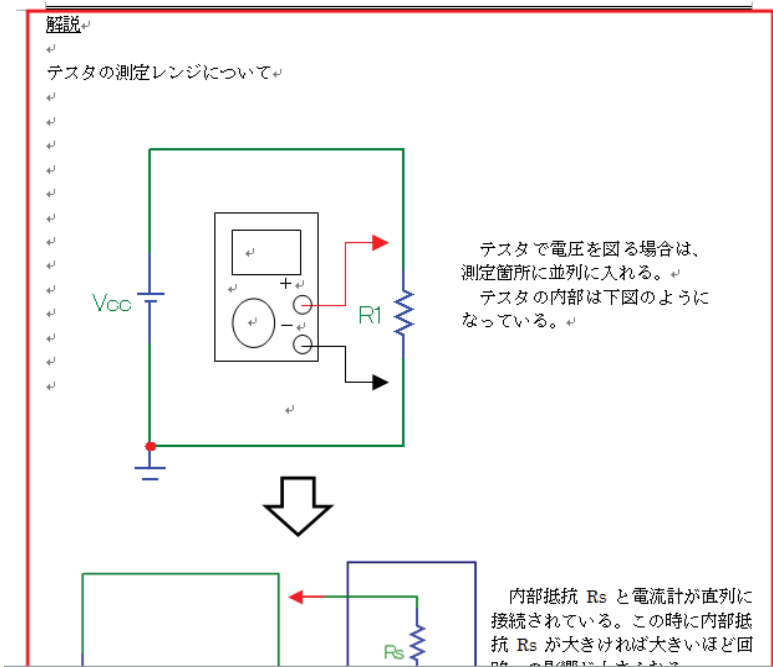


図 10 講師用テキストでの解説

図 3-4 解析結果

図 3-5 解析結果 (電流値表示)

<電流値表示について>

Display Node Voltages 横丸の隣にある丸が Currents 横丸となり、これを切替えることで電流値表示ができます。

トランジスタのパラメータを変更してみる (P25を参照)

BF (hFE) : 192.019 → 292.019

電流値等の変化があるかを確認する。

固定バイアス回路は hFE の影響を受けるバイアス回路であることが確認できる。

図 11 講師用テキストでの説明の挿入

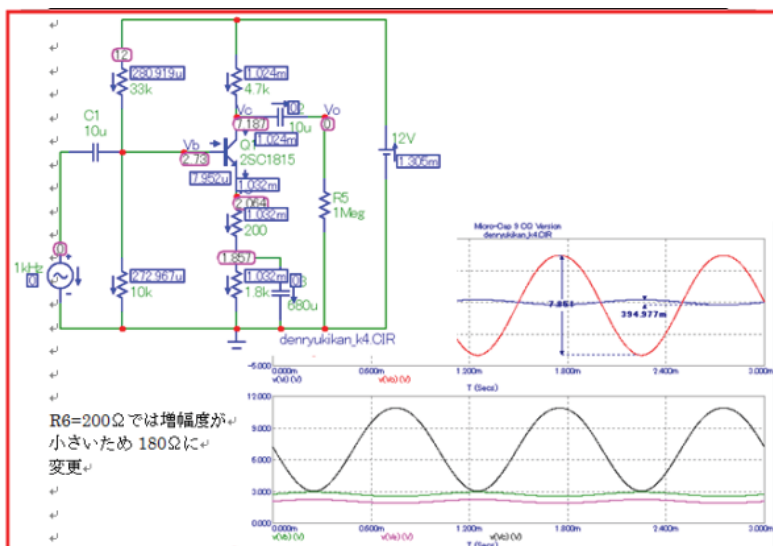


図 12 多くの図やグラフ

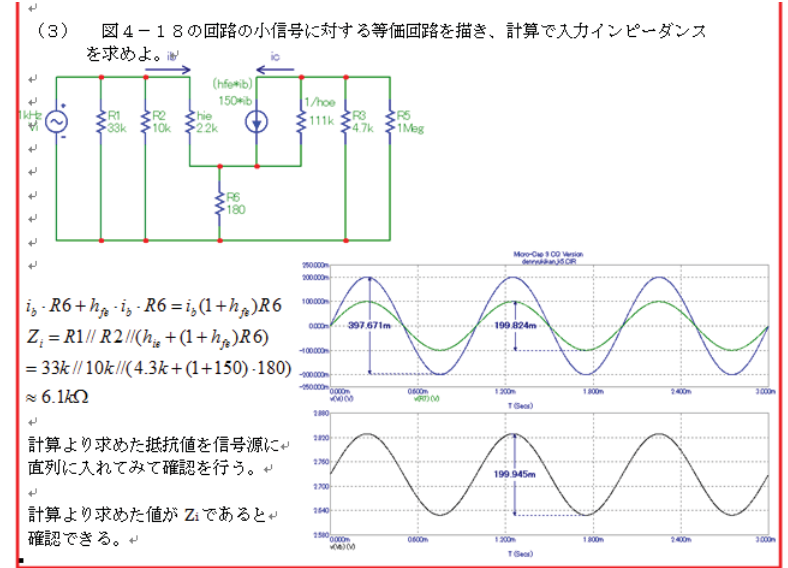


図 13 等価回路活用

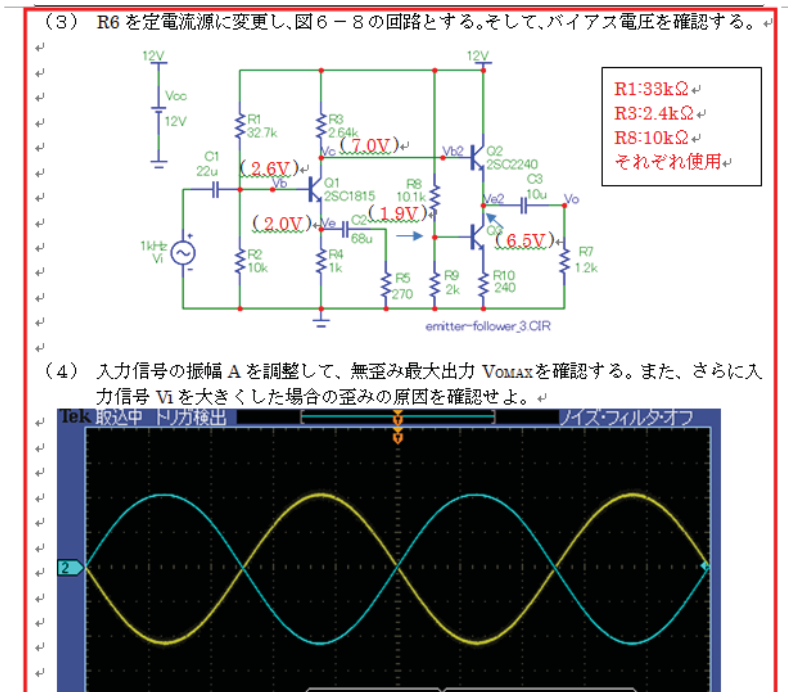


図 14 実験データを整理

4. 効果と質の改善

4.1 教材活用の効果 訓練生用テキストは、アナログ的勘を養い、電子回路がどのようなものか掴める効果がある。具体的には、次の三点である。

- ① シミュレータを活用した設計ができる。
- ② 回路定数を概算で決められる。
- ③ 定数の変更も回路の特性を考慮し、適切に変更できる。

また、講師用テキストの作成を担当することによって、先輩指導員の経験やノウハウを後輩指導員が自分の言葉で自信を持って喋ることができるようになる。このことは次の効果がある。

- ① 訓練の質の向上
- ② 後輩指導員と訓練生の信頼関係の構築
- ③ 訓練生の習得度向上

先輩指導員の指導の下、後輩指導員が講師用テキストを作成することにより、次の効果がある。

- ① 先輩指導員のノウハウをほぼ完全に近い状態で引き継げる。更にこれを受け継いだ指導員が改善・修正作業を行うことにより、技能・技術等のノウハウを伝承・蓄積できる。

- ② 後輩指導員の育成を効果・効率的に行える。
- ③ 先輩指導員がいなくても講師用テキストがあれば、ある程度の水準を維持して授業が展開できる。

4.2 関係職員でのレビュー 教材は作りっぱなしで放置しては、引き継いだ指導員の力量次第で改善も行われるが、同時に改悪も行われる。一般に誤字・脱字は増える傾向にある。これを防ぐために、年に一度は関係職員でレビューすることが必要と考えている。

今年度担当した指導員が誤字・脱字、表現の修正、部分的な追加・削除、新しい項目の追加などを提案する。これを複数の指導員で検討し方向性を出す。そして今後引き継いでいく指導員が修正を行い、最終的に先輩指導員が確認し作業を完了する。

5. 現状と今後の展望

これらのテキストを用い昨年 11 月に授業が行われた。担当は新任ではあるが民間経験 9 年の指導員である。丁度このタイミングで教材コンクールの授賞式が行われたこともあり、留守を全面的にお願いした。講師用テキストでポイントの確認やシミュレーション／オシロスコープでの見るべき波形やレンジが的確に指示でき授業が進めやすかったとの意見と頂いた。

また 1 月に行われたレビューでは、この指導員が修正事項を提案し、参加した 4 名の指導員で検討した。その後の作業も新任の先生にお願いすることとした。

現在講師用テキストは、このトランジスタに関するものだけだが、その他の科目でも講師用テキストの必

要性を強く感じる。特にベテラン指導員が保持し、今後も基本・基礎の知識／技能／技術として長く必要とされるものについては、優先的に整備が必要である。ただ作業は時間が掛かるので、誰が行うかが大変な問題となる。もちろん私たちが全て作業することはできない。したがって、この講師用テキストの有効・有用性及び必要性を系内の指導員に理解してもらわなければならない。その上でベテラン指導員の監修の下、若手指導員が作業を進める。若手指導員にとっては手間の掛かる作業となるが、これを行うことが自分自身の成長に繋がる。そして、作成した講師用テキストが後に続く指導員の育成・成長にも役立つことになる。

この取り組みが継続的かつ日常的なものになって、はじめて組織にノウハウが蓄積されていくと考える。

6. おわりに

どんなに優秀な若手指導員でも少なからずベテラン指導員の助言やサポートを必要としている。自由に（放任で）取り組んでも中々良い成長には繋がらない。手を差し伸べ適切な助言が必要である。

この取り組みが他の施設や会社で、

① 人材育成

② ノウハウの伝承と蓄積

を行う際の参考になれば、私どもとしては非常にうれしく思う。

(2017 年 06 月 10 日提出)