

1.はじめに

フェライトや空芯タイプのインダクタは表示が消えかけ、分かりにくいものがある。その測定器も持っていない。そこで抵抗とキャパシタとで3種類が測定できる計測器を製作することにした。

2.主な構想

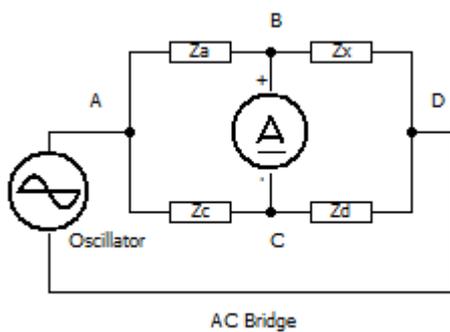
ツェナーダイオードチェッカーに使用した摂津金属工業のアルミケース CA-70W (150×150×70 mm) が小型で品位も測定器に相応しいだけでなく、価格も手頃 (¥1,190-) である。

- ・できるだけ手持ちの部材を使用する。
- ・R はもとより L と C も測定できる優れたマルチメータが安価で販売されている (¥5,000-以下)。高額な材料費になっては意味もないので、VVF ケーブル残材 (裸銅線) なども用いる。
- ・ブリッジの平衡状態は、文献¹⁾では「音」と「テスター」を検出器としている。これだと判定がしづらいたと考えたので、本器は直流電流計とする。
- ・信号源として位相形発振器 (発振周波数 1 kHz) を内蔵 (INT) する。また、外部からも信号源を接続できるよう EXT IN 端子を設け、スイッチで選択できるようにする。
- ・電源トランスの二次側を両派整流し、三端子レギュレータで DC±8 V を得る。

3.回路・部品・実験

3-1.ブリッジ部

Fig.3-1 で AC ブリッジの平衡条件は式 3-1 で表せる。



$$Z_a \cdot Z_d = Z_x \cdot Z_c \quad \dots \dots \dots 3-1$$

最も簡単な抵抗の場合を考え、各インピーダンスを次のようにレイアウトする。

- Za ; ポテンシオメータ (1 kΩ, 10 回転)
- Zd ; 精密抵抗器 (0.1 % クラス)
- Zx ; 被測定物 (抵抗など)
- Zc ; 基準抵抗器 (10 Ω, 0.1 % クラス)
- 基準キャパシタ

Fig.3-1 AC ブリッジ概念図

式 3-1 を変形すると

$$Z_x = Z_a \cdot Z_d / Z_c \quad \dots \dots \dots 3-2$$

であるとき、電流計の指示がゼロになる。この際、ポテンシオメータダイアルの読みが“掛算”になるようブリッジ素子を配置するのがポイントである。

- ① 被測定物 Zx と基準値 Zc がどちらもキャパシタ → Za と Zc を入れ替えが必要
- ② 被測定物 Zx がインダクタで、基準値 Zc がキャパシタ → Za と Zc の入れ替えは不要

1) 電波科学 1979 年 8 月号 日本放送出版協会 138 頁

3-2.位相形発振部

一般的な方式でFET+トランジスタで構成する。当初は1.14 kHz、最終的に約14 kHzとなった。

3-3.平衡検出部

センターゼロで±50 μA フルスケールの直流電流計があったので、これを使用しオペアンプによりブリッジB-C間の電位差を増幅・検波して平衡検出する。

4.結果

測定結果を表4-1～表4-3に示す。

表4-1 抵抗測定結果

抵抗 \ 結果	HIOKI 3246-60	本器	備考/考察
10 Ω	9.9	10	感度切換操作を適切に行い、ポテンショメータで直読値が3桁程度になるようにする。
56	54.7	57	
100	99.6	101	
200	207.1	201	
330	330.1	335	
390	384.9	400	
470	471	495	
1 k	996	1.05 k	
2.2 k	2.175 k	2.25 k	
4.7 k	4.63 k	4.75 k	
10 k	9.95 k	10.1k	
22 k	22.02 k	22 k	
47 k	46.2 k	47 k	
68 k	67.6 k	69 k	
100 k	99.6 k	100 k	
226 k	226 k	225 k	
402 k	398.6 k	410 k	
499 k	494 k	500 k	
750 k	751 k	760 k	
909 k	913 k	910 k	
1 M	1.052 M	1.02 M	

表4-2 キャパシタ測定結果

容量 \ 結果	HIOKI 3246-60	本器	備考/考察
100 pF	—	104	操作は抵抗測定と同じ。
180	—	179	
270	—	264	
470	—	494	
1 000	—	1 040	
1 500	—	1 540	

2 200	—	2 210	
4 700	—	4 940	
5 600	—	5 660	
0.01(10 000) μ F	—	0.011	
0.022	—	0.024	
0.033	—	0.029	
0.047	—	0.048	

表 4-3 インダクタ測定結果

値	結果	HIOKI 3246-60	本器	備考/考察
47 μ H		—	47	
100		—	105	フェライト形
220		—	222	フェライト形
470		—	—	
680		—	—	
1 m(1 000 μ)H		—	1.02	フェライト形
2.2 m		—	—	
2.5 m		—	—	
4.0 m		直流抵抗 rd=60 Ω	5.2	ハニカム型空芯 測定可も誤差大

※HIOKI 3246-60；ペンシルテスター（キャパシタ・インダクタの測定不可）

5.最後に

Fig.5-1 に機能表示を入れた外観，Fig.5-2 にその内部を示す。



Fig.5-1 外観



Fig.5-2 基板実装内部状態

持ち材料の基板や抵抗・キャパシタなどを使用し，¥5,300- で完成できたことはほぼ目論見どおりであった。ポテンショメータの精度・直線性だけで測定値が確定するまでに漕ぎつけたが，自作してみると単一 AC ブリッジは，“このような性能・操作感触なのかな”と実感している。真空管回路定数への実用性は充分だが，基準値（測定範囲拡大/直流抵抗分除去）・検出回路等に改善の余地がある。

参考文献

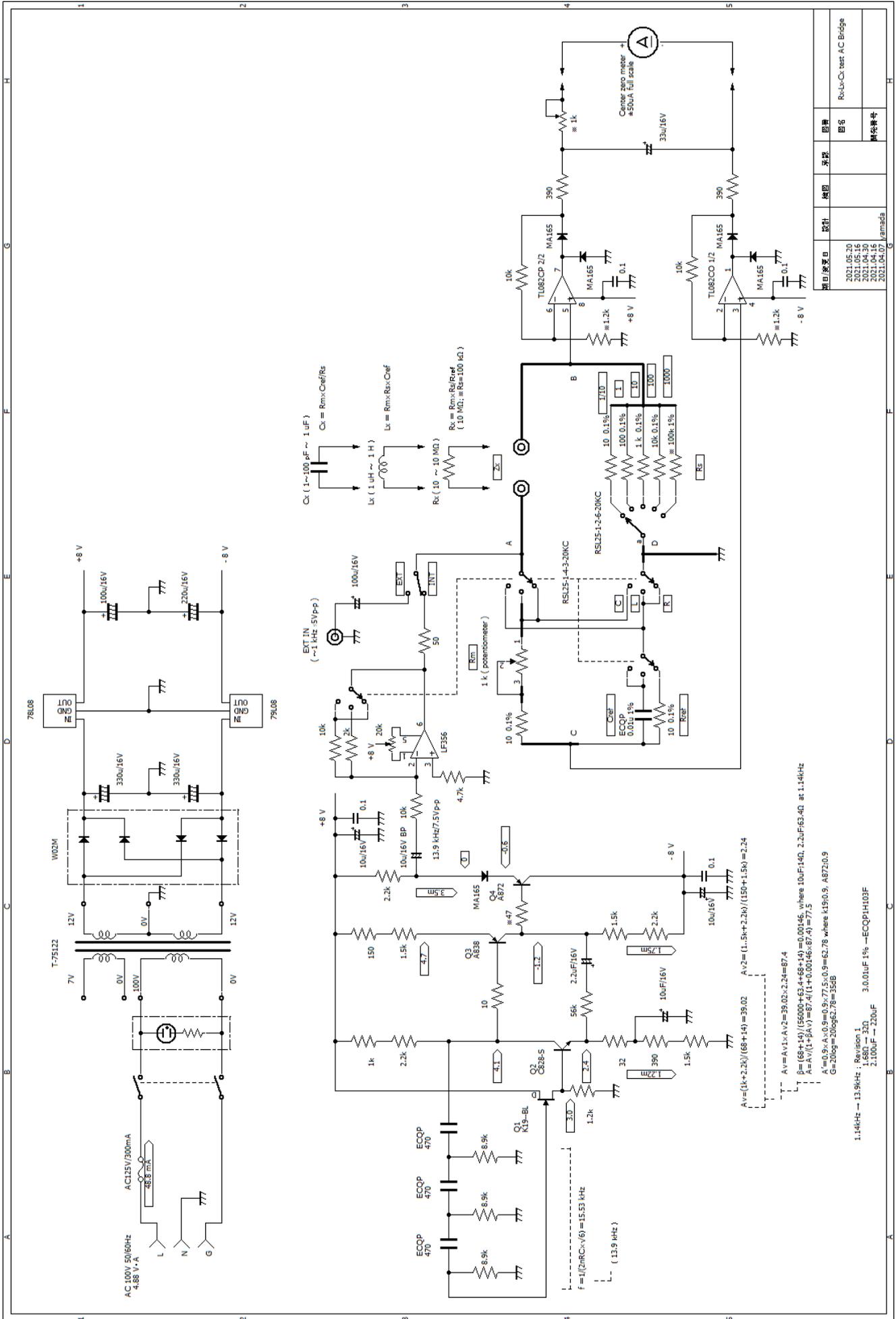
- 1) 電波科学 日本放送出版協会 1979年8月号 138頁
- 2) トランジスタ回路の設計 鈴木雅臣著 第11版 1997年5月1日 CQ出版社
- 3) Handbook of Electronics Calculations Kaufman and Seidman McGRAW-HELL Chapt.9, 6 page

主要部品表

部品名	個数	単価	小計	備考
ケース	1	1,190-	1,190-	摂津金属工業 CA-70W アルミ製
電源トランス	1	953-	953-	
ロータリスイッチ	1	165-	165-	2回路6接点 RSL25-1-2-6-20KC
ロータリスイッチ	1	165-	165-	4回路3接点 RSL25-1-4-3-20KC
BNC 接栓	1	165-	165-	
ミニヒューズホルダ	1	110-	110-	ガラス管ヒューズ 20 mm
ポテンショメータ	1	350-	350-	TSR-3590S-102R
ストッパー付ダイヤル	1	400-	400-	
LF356N	1	165-	165-	
TL082CP	1	50-	50-	
三端子レギュレータ	1	55-	55-	78L08 ; 8 V/100 mA
三端子レギュレータ	1	55-	55-	79L08 ; -8 V/100 mA
ブリッジダイオード	1	55-	55-	W02M ; 100 V/1 A
±50 μA 直流電流計	1	960-	960-	
100 Ω 0.1 % 1/4 W	1	120-	120-	
1 kΩ 0.1 % 1/4 W	1	120-	120-	
10 kΩ 0.1 % 1/4 W	1	120-	120-	
0.01 μF 2 % 50 V	1	20-	20-	スチロールキャパシタ
細径シールドケーブル	1 m	89-	89-	KPPV-SW13/0.08 x 1C
合計		5,307-	5,307-	

製品仕様

項目	仕様	備考
測定範囲・精度	抵抗 10 Ω ~ 10 MΩ ±1 %	
	インダクタ 1 μH ~ 1H ±2 %	
	キャパシタ 100 pF ~ 1 μF ±2 %	
測定方式	単一交流ブリッジ式	
ブリッジ	基準抵抗値 10 Ω/100 Ω/1 kΩ/10 kΩ 各 0.1%	感度切換
	キャパシタ 100 kΩ 1%, 0.01 μF 2%	6 ポジション
	可変範囲 0 Ω ~ 1 kΩ/±5 %, 直線性±0.25 %	ポテンショメータ
	平衡検出 (検流計) ±50 μA 直流電流計	センターゼロメータ
発振	方式 RC 位相形発振 正弦波	
	周波数 約 14 kHz	最終値



項目	変更日	設計	検閲	承認	図名	図号
	2021.05.20				Rx-Lx-Cx test AC Bridge	
	2021.05.14					
	2021.04.30					
	2021.04.16					
	2021.04.07	kyamada				