MOS FET aB級アンプ（NO.2）使用説明書

2013（平成25年）6月20日

2011（平成23年）4月17日／1月16日
MOS FET aB級アンプ（@A級アンプシャシー）使用説明書

~~配布先(NO.1)　ファイル: MOSFET aB級アンプ（NO.2）~~
配布先(NO.2)　MOSFET aB級アンプ（NO.2）

内 容

望月特許商標事務所
http://www.mopat.jp
Tel 078-435-5577
Fax 078-435-5594
〒658-0072　神戸市東灘区岡本１丁目５番１４号

8x7 D:/LETT-TEX/aB-FET-2/aB-FET-2.TEX　　2013.06.20/06.11

A　使用にあたっての留意事項

1．本機は、手持ちの部品（特に電源トランスと放熱板）を使用しようとしたため、不釣り合いな部品を使用した製品になっています。

Power MOS FET と放熱板は、およそ 100W 級にも使用できるオーバースペックな部品ですが、如何せん電源トランスが小さなものとなっています。

(1/4) 電源トランス、(2/4) 整流ダイオード、(3/4) 電源ヒューズ、(4/4) スピーカーヒューズ
を 下表の物に替えさえすれば、基板もそのままで、100W 級の出力も可能なものです。

その際、歪みを最小にする調整をすれば最良となります。

註．2013.06.18 ネットでトランスを調べていたら、TANGO ISO が本年(2013) 9月を以って廃業するとかで、注文受付けを６月１７日を以って中止する販売店を見掛けました。ノグチトランスも同様でした。
ノグチトランスでは、TR 用のパワートランスを２種販売していますが、それを使用した場合と本機を比較した結果は次のとおりです。

	本　機	ノグチトランス (NO.1)	ノグチトランス (NO.2)	参考：MOSFET A.(NO.1)
電源トランス	TANGO PC-40 10 ～ 20W x 2(8Ω), B級 38V-35-32-0-32-35-38V DC 1A, DC 1.6A(B級 P.P.) 90x76x70	SET-602 29V-19-0-19-29V 4A 119x123x104 5.0 kg	SET-802 35V-20-0-20-35 5.4A 141x137x116 8.0 kg	TANGO MG-300 A級 P.P:60Wx2 B級 P.P:80W～200Wx2 55V-43-27.5-0 x2 4.6A DC 2.6A@55V/3A@43V 140x112x125 9.0 kg
整流 Diode	2A x 1000V(FER208G)	5A	6A	5A
電源ヒューズ	0.5A ←0.33A	2A	3A	2.5A
SPヒューズ	Speaker に依る 例.SP:4Ω, 10W→1.58A 例.SP:8Ω, 10W→1.12A 例.SP:16Ω, 10W→0.79A	Speaker に依る 例.SP:4Ω, 60W→4A 例.SP:8Ω, 60W→2.74A 例.SP:16Ω,60W→1.94A	Speaker に依る 例.SP:4Ω,100W→5.0A 例.SP:8Ω,100W→3.54A 例.SP:16Ω,100W→2.5A	Speaker に依る 例.SP:4Ω,150W→6.13A 例.SP:8Ω,150W→4.33A 例.SP:16Ω,150W→3.06A

2．本機は、最終段の Power MOS FET は、B級（AB級）作動のため、18～23mA(4～5mV/0.22Ω) 程度の電流を流しています。なお、この電流値は、無負荷の状態で、歪みが最小となった値です。

3．本機は熱的に安定していますが、念のため、時折、アンプ前面の「バイアス計測 T.P.」（青色と緑色）に、ボルトメータのテスト棒を差し込んで、直流電圧 (DCV) を計って、4mV(=18mA)～5mV(=23mA) の間にあることを確認してください。調整方法は、基板に唯一存在する半固定 VR(5kΩ) を回すだけです。

4．本機の出力は、直結です（出力コンデンサを設けていない）。
スピーカー出力のドリフト（DC成分）は、アンプ前面の「スピーカー電位 T.P.」（緑色と黒色）で計測できますので、時折、ボルトメータを差し込んで、直流電圧 (DCV) を計ってみてください。

5．本機の出力は、直結です（出力コンデンサを設けていない）ので、出力には直流電流が流れないようにしていますが、不具合時にはスピーカに直流電流が流れ出る怖れがあります。
このため、スピーカ直前に（即断）ヒューズ（シャシー後面に在り）を設けています。
音が出なくなったときは、ここをチェックしてください。
参考（即断）ヒューズ: 16Ω/10W スピーカーで 0.8A、8Ω/10W スピーカーで 1.12A

6．電源基板は「コンデンサー整流 ＋ ±17V 定電圧」の電源基板を使用してください。
Power MOS FET の駆動電圧は、これで十分です（定本続トラ p118)。

7．アンプの仕様は、定本続トラ p110 以降を参照ください。

8．写真集があります。

源

B　使用方法

特に、使用方法というものはありません。
入力端子、出力端子（左右対称、アース端子は隣り合わせ）に、信号線を接続してください。

C　回路構成

1．回路については、後出の回路図を参照ください。

2．初段に NJM 5532D オペアンプ を使用して、出力電圧を差動回路のマイナス端にフィードバックすることにより、無信号時の直流出力電圧を 0.0xy V になるようにしています。

3．本機は、最終段の Power MOS FET には、B級（AB級）作動のため、18～23mA(4～5mV/0.22Ω) 程度の電流を流していますが、このバイアス電流を大きくして、A級にすることも可能と考えられます。
調整方法は、基板に唯一存在する半固定 VR(5kΩ) を回すだけです。

D 仕　　様

1．増幅率：　計測時：2013(H25).06.17
　L側：4Ω負荷　@1KHz、9.78 (2.471/ 0.2527)
　R側：4Ω負荷　@1KHz、9.78 (2.607/ 0.2665)

2．最大出力：　計測時：2013(H25).06.17
歪率が急増する出力
　負荷：無し　30?
　L側：10.17V(3.0Vp-p)/ Input:1.005V
　R側：10.49V(3.0Vp-p)/ Input:1.041V

3．DVM のドラフトの確認　　計測時：2013(H25).06.17(月)　気温35℃程度(クーラ:OFF)
2013.06.12-15　オーディオ測定器の ＋5V 電源不調
2013.06.15　＋5V 電源の4端子ダイオードスタック (MS 2 6L:現在では仕様入手不可？) がスイッチ ON 後、20秒程度経過後電圧が落ちる不具合で (← 初めての経験で、発見が遅れました。)
手持ちの4端子ダイオードスタック (M4C1: 現在では仕様入手不可？、但し 1A の出力は OK!! でした。) に変更しました。
なお途中で取替えた3端子可変レギュレータ (LM350K, 3A) はそのままにしてあります。

経過時間(分)	時　刻	AC mV	経過時間(分)	時　刻	AC mV
0	9:30		20	9:50	0.01
1	9:31	0.04	30	10:00	0.02
3	9:33	0.01	40	10:10	0.03
4	9:34	0.01〜0.00	50	10:20	0.04
5	9:35	0.00	60	10:30	0.04
6	9:36	0.00	70	10:40	0.04
7	9:37	0.00	80	10:50	0.04(〜0.05)
8	9:38	0.00			
9	9:39	0.00			
10	9:40	0.00			

? 9mV ~~6mA~~

4．熱安定性：MOSFET アンプのアイドル電流のドラフト
　計測時：2013(H25).06.17(月)　気温35℃程度(クーラ:OFF)
2013.06.17　アイドル電流は、下表の値ではなく、歪み最小の 4.3A 程度を採用しました。　18 mA ?

経過時間(分)	時　刻	L	R	経過時間(分)	時　刻	L	R
0	9:45			15	10:00	26,4	25.6
1	9:46	30.5	28.2	25	10:10	25.6	25.3
2	9:47	29.3	27.4	35	10:20	28.8	26.8
3	9:48	28.1	26.2	45	10:30	23.4	25.2
4	9:49	29.5	26.4	55	10:40	25.8	25.1
5	9:50	30.1	26.0	65	10:50	23.7	26.1
7	9:52	27.8	25.3				
8	9:53	27.1	25.3				
9	9:54	25.9	25.5				
10	9:55	25.5	25.6				

mV

$mA = \frac{31.5}{0.22}$

㊟歪計の入力 1V.
Max / B02 14
Cal

5．歪率計の歪み率の調整　　調整・計測時：2013(H25).06.17

歪率計は、OSC 共々 80分以上のアイドリングをした後に行いました。
前回の調整は 2010.12.16 です（オーディオ測定器のファイルのメモ参照)。

㊟

<table>
<tr><th></th><th>100Hz</th><th>1KHz</th><th>10KHz</th><th></th></tr>
<tr><td>Out(=Osc 出力)</td><td>1.0223 V</td><td>1.1089 V</td><td>1.1762 V</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">(Out は「Osc の出力＝歪率計への入力」であって、入力後、即、歪率計をバイパスされます。)</td></tr>
<tr><td>Cal(Vol:Max)</td><td>1.0250 V</td><td>1.1136 V</td><td>1.1946 V</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">(Cal は「OSC の出力＝歪率計への入力」が歪率計の Input ボリュームを通った後、
歪率計のアッテネータで 1/10 され、歪率計の Dist.Amp. へ渡されて そこで 10倍されます。)</td></tr>
<tr><td>Meas</td><td>0.22 mV</td><td>0.16 mV</td><td>0.19 mV</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">(Meas は 歪率計のアッテネータ 1/10 はバイパスされ、歪率計の Dist.Amp. で 10倍されます。)</td></tr>
<tr><td>Dist.Amp. での入力
歪み率</td><td>10.25 V 相当
0.0021 %
(0.00022 /10.25)</td><td>0.0014 %</td><td>0.0016 %</td><td></td></tr>
</table>

6．歪み率とバイアス電流の関係　計測時：2013(H25).06.17

L側：負荷無し　@ 1KHz、Out(=Osc 出力)= 2.617 V、Cal= 1.062 V

MOSFET の Id(mV/0.22 Ω)	31.4 mV	24.1	21.9	16.5	10.7	8.2	5.0	5.1
Meas	2.43 mV	2.11	2.03	1.78	1.55	1.45	1.31	1.31
								↑採用

R側：負荷無し　@ 1KHz、Out(=Osc 出力)= 2.643 V、Cal= 1.076 V

MOSFET の Id(mV/0.22 Ω)	26.3 mV	16.4	10.7	8.7	5.1	2.7
Meas	2.03 mV	2.19	2.03	1.95	1.89	1.84
					↑採用	

7．歪み率　計測時： 2013(H25).06.17　←㊟

L側：負荷無し　@ Id = 5.1mV/0.22 Ω
Amp Vol = Max

<table>
<tr><th></th><th>100Hz</th><th>1KHz</th><th>10KHz</th><th></th></tr>
<tr><td>Osc 出力
Amp 入力 Vol=Max</td><td>0.2375 V</td><td>0.2626 V</td><td>0.2896 V</td><td></td></tr>
<tr><td>Out(=Amp 出力)</td><td>2.394 V</td><td>2.6563 V</td><td>2.797 V</td><td></td></tr>
<tr><td>Amp Gain</td><td>10.08</td><td>10.11</td><td>9.66</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">(Out は「Amp の出力＝歪率計への入力」であって、入力後、即、歪率計をバイパスされます。)</td></tr>
<tr><td>Cal</td><td>0.9843 V</td><td>1.0769 V</td><td>0.8782 V</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">(Cal は「Amp の出力＝歪率計への入力」が歪率計の Input ボリュームを通った後、
歪率計のアッテネータで 1/10 され、歪率計の Dist.Amp. へ渡されて そこで 10倍されます。)</td></tr>
<tr><td>Meas</td><td>1.20 mV</td><td>1.35 mV</td><td>1.94 mV</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">(Meas は 歪率計のアッテネータ 1/10 はバイパスされ、歪率計の Dist.Amp. で 10倍されます。)</td></tr>
<tr><td>Dist.Amp. での入力
歪み率</td><td>9.843 V 相当
0.012 %
(0.0012 /9.843)</td><td>0.013 %</td><td>0.022 %</td><td></td></tr>
</table>

R側：負荷無し　@ Id = 5.1mV/0.22 Ω
Amp Vol = Max

	100Hz	1KHz	10KHz	
Osc出力 Amp入力 Vol=Max	0.2393 V	0.2626 V	0.2887 V	
Out(=Amp出力)	2.415 V	2.651 V	2.794 V	
Amp Gain	10.09	10.10	9.68	
(Out は「Ampの出力=歪率計への入力」であって、入力後、即、歪率計をバイパスされます。)				
Cal	0.9913 V	1.0828 V	0.8783 V	
(Cal は「Ampの出力=歪率計への入力」が歪率計のInput ボリュームを通った後、歪率計のアッテネータで1/10され、歪率計の Dist.Amp.へ渡されて そこで 10倍されます。)				
Meas	1.58 mV	1.90 mV	2.24 mV	
(Meas は 歪率計のアッテネータ 1/10 はバイパスされ、歪率計の Dist.Amp. で 10倍されます。)				
Dist.Amp. での入力	V 相当			
歪み率	0.016 % (0.00158/9.913)	0.018 %	0.025 %	

8．歪み率と出力の関係　　計測時： 2013(H25).06.17
L側：負荷無し　@ 1KHz、Id = 4.3〜3.9mV/0.22 Ω

Osc出力 Amp入力 Vol=Max	X X 3.2Vp-p 1.0760 V	Max. 3.0Vp-p 1.0053 V クリップ直前	2.0Vp-p 0.6730 V	1Vp-p 0.3509 V	400mVp-p 0.1377 V	
Out(=Amp出力)	10.843 V	10.174 V	6.790 V	3.545 V	1.390 V	
(Out は「Ampの出力=歪率計への入力」であって、入力後、即、歪率計をバイパスされます。)						
Cal	1.1508 V	1.0758 V	1.0574 V	1.0404 V	1.0935 V	
(Cal は「Ampの出力=歪率計への入力」が歪率計のInput ボリュームを通った後、歪率計のアッテネータで1/10され、歪率計の Dist.Amp.へ渡されて そこで 10倍されます。)						
Meas	44.01 mV	0.25 mV	0.30 mV	0.52 mV	1.23 mV	
(Meas は 歪率計のアッテネータ 1/10 はバイパスされ、歪率計の Dist.Amp. で 10倍されます。)						
Dist.Amp. での入力		11.078 V 相当				
歪み率	0.38 %	0.0023 % (0.00025 /10.758)	0.0028 %	0.0050 %	0.011 %	

R側：負荷無し　@ 1KHz、Id = 4.3mV/0.22 Ω

Osc出力 Amp入力 Vol=Max	X X 3.2Vp-p 1.0537 V	Max. 3.0Vp-p 1.0410 V クリップ直前	2.0Vp-p 0.6856 V	1Vp-p 0.3359 V	400mVp-p 0.1325 V	200mVp-p 0.0680 V
Out(=Amp出力)	10.667 V	10.491 V	6.914 V	3.384 V	1.3370 V	0.687 V
(Out は「Ampの出力=歪率計への入力」であって、入力後、即、歪率計をバイパスされます。)						
Cal	1.1322 V	1.1078 V	1.0260 V	1.0162 V	1.0535 V	0.2974
(Cal は「Ampの出力=歪率計への入力」が歪率計のInput ボリュームを通った後、歪率計のアッテネータで1/10され、歪率計の Dist.Amp.へ渡されて そこで 10倍されます。)						
Meas	18.23 mV	0.50 mV	0.60 mV	1.38 mV	3.70 mV	1.89
(Meas は 歪率計のアッテネータ 1/10 はバイパスされ、歪率計の Dist.Amp. で 10倍されます。)						
Dist.Amp. での入力		11.078 V 相当				
歪み率	0.16 %	0.0045 % (0.00050 /11.078)	0.0058 %	0.0136 %	0.035 %	(0.064 %)

9．周波数特性:　計測時：2013(H25).06.17
Amp Vol = Max.
L側：負荷無し　　Id = 3.7〜4.0mV/0.22Ω

	20Hz	50	100	200	200	500	1kHz	2kHz
	このレンジのOscの波形は良くありません。							
入力	0.223x	0.2394	0.2545	0.2758	0.2337	0.2484	0.2647	0.2860
出力	2.248	2.413	2.570	2.784	2.362	2.509	2.673	2.873
(ゲイン)	(10.09)	(10.08)	(10.10)	(10.09)	(10.11)	(10.10)	(10.10)	(10.05)

	2kHz	5kHz	10kHz	20kHz	20kHz	50kHz	100kHz	200kHz
入力	0.2386	0.2532	0.2688	0.2701	0.2370	0.2498	0.2599	0.2664
出力	2.400	2.500	2.590	2.743	2.242	2.350	2.509	2.726
(ゲイン)	(10.06)	(9.87)	(9.64)	(10.16)	(9.46)	(9.41)	(9.65)	(10.23)

R側：負荷無し　　Id = 3.8〜3.7mV/0.22Ω

	20Hz	50	100	200	200	500	1kHz	2kHz
	このレンジのOscの波形は良くありません。							
0力	0.2228	0.2381	0.2539	0.2756	0.2332	0.2480	0.2643	0.2864
出力	2.24x	2.402	2.565	2.784	2.359	2.505	2.669	2.878
(ゲイン)	(10.05)	(10.09)	(10.10)	(10.10)	(10.12)	(10.10)	(10.10)	(10.05)

	2kHz	5kHz	10kHz	20kHz	20kHz	50kHz	100kHz	200kHz
入力	0.2386	0.2533	0.2692	0.2706	0.2368	0.2495	0.2592	0.2645
出力	2.399	2.500	2.563	2.742	2.234	2.341	2.489	2.651
(ゲイン)	(10.05)	(9.87)	(9.52)	(10.13)	(9.43)	(9.38)	(9.98)	(10.02)

１０．入出力波形(歪み形波・矩形波)(後掲)

	図形名称	CH1	CH2	DVMのOff/On
1	L-Kukei-NON.bmp	オシロ矩形波 1kHz	左出力波形(無負荷,Id=3.9mV)	DVM: Off
2	L-Kukei-DVM.bmp	オシロ矩形波 1kHz	左出力波形(無負荷,Id=3.9mV)	DVM: On
3	R-Kukei-DVM.bmp	オシロ矩形波 1kHz	右出力波形(無負荷,Id=3.6mV)	DVM: On
4	L1K-4-DVM.bmp	自作Osc 1kHz	左出力波形(4Ω負荷,Id=63.2mV)	DVM: On
		自作Osc:0.2527V,	左出力(Out):2.471V, Cal:1.0146,	Meas:2.83(0.028%)
5	L1K-4-D-NON.bmp	自作Osc 1kHz	左　歪波形(4Ω負荷,Id=63.2mV)	DVM: Off
6	R1K-4-DVM.bmp	自作Osc 1kHz	右出力波形(4Ω負荷,Id=64.6mV)	DVM: On
		自作Osc:0.2665V,	右出力(Out):2.607V, Cal:1.0637,	Meas:5.69(0.053%)
7	R1K-4-D-NON.bmp	自作Osc 1kHz	右　歪波形(4Ω負荷,Id=64.6mV)	DVM: Off
8	L100-D-NON.bmp	自作Osc 100Hz	左　歪波形(無負荷,Id=3.3mV)	DVM: Off
9	L100-D-DVM.bmp	自作Osc 100Hz	左　歪波形(無負荷,Id=3.3mV)	DVM: On
		自作Osc:0.2444V,	右出力(Out):2.464V, Cal:1.0280,	Meas:0.60(0.0058%)
10	L1K-D-NON.bmp	自作Osc 1kHz	左　歪波形(無負荷,Id=3.3mV)	DVM: Off
11	L1K-D-DVM.bmp	自作Osc 1kHz	左　歪波形(無負荷,Id=3.3mV)	DVM: On
		自作Osc:0.2708V,	右出力(Out):2.334V, Cal:1.1258,	Meas:0.75(0.0067%)
12	L10K-D-NON.bmp	自作Osc 10kHz	左　歪波形(無負荷,Id=3.3mV)	DVM: Off
13	L10K-D-DVM.bmp	自作Osc 10kHz	左　歪波形(無負荷,Id=3.3mV)	DVM: On
		自作Osc:0.3061V,	右出力(Out):2.924V, Cal:0.9205,	Meas:1.83(0.020%)
14	R100-D-NON.bmp	自作Osc 100Hz	右　歪波形(無負荷,Id=4.1mV)	DVM: Off
15	R100-D-DVM.bmp	自作Osc 100Hz	右　歪波形(無負荷,Id=4.1mV)	DVM: On
		自作Osc:0.2470V,	右出力(Out):2.498V, Cal:1.0338,	Meas:1.67(0.016%)
16	R1K-D-NON.bmp	自作Osc 1kHz	右　歪波形(無負荷,Id=4.1mV)	DVM: Off
17	R1K-D-DVM.bmp	自作Osc 1kHz	右　歪波形(無負荷,Id=4.1mV)	DVM: On
		自作Osc:0.2697V,	右出力(Out):2.727V, Cal:1.1240,	Meas:1.94(0.017%)
18	R10K-D-NON.bmp	自作Osc 10kHz	右　歪波形(無負荷,Id=4.1mV)	DVM: Off
19	R10K-D-DVM.bmp	自作Osc 10kHz	右　歪波形(無負荷,Id=4.1mV)	DVM: On
		自作Osc:0.3087V,	右出力(Out):2.977V, Cal:0.9397,	Meas:2.44(0.026%)

E　回路図および実体配線図（ブロック化した部分）（後掲）

F　回路解説図および各部電圧図（後掲）
　電源および回路部分：　２種

G　2SK1529 および 2SJ200 の仕様（後掲）

H　製作上で留意・苦労した点

I　今後 (他機) のための参考事項

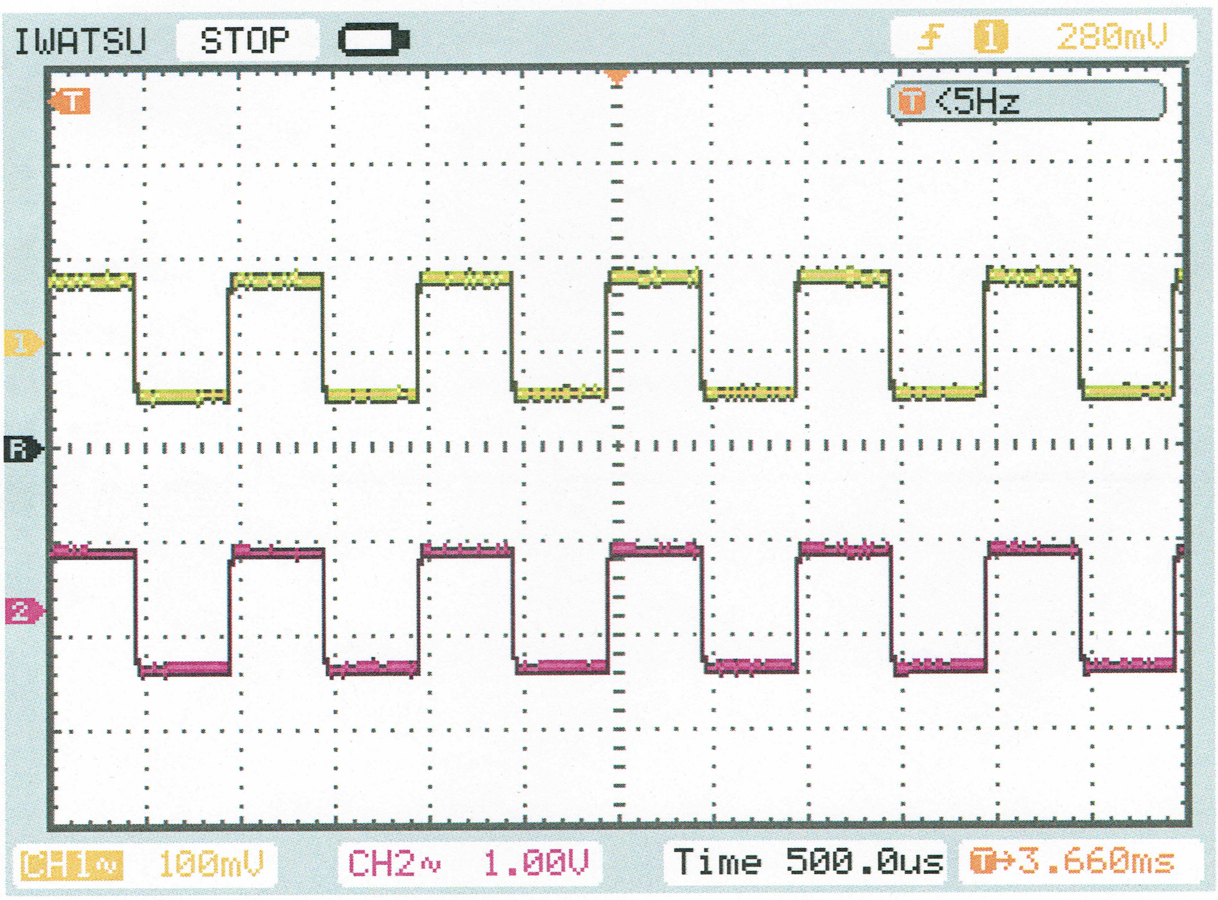
J　参考資料
　1．定本続トランジスタ回路の設計　　P110～

8x7 I:IWATSU¥A_MF3_d617¥ImageMagick¥ 1/19

DVM: off

L_Kubei_NDN

e/t 箱形波 (1kHz)



DVM: off

L 1K - 4Ω - D - NON

efty　Hz　負荷　istortion

即ち $\boxed{L}$ の 1KHz の 残留歪の 波形です