

二戰軍用電台精密頻率計 BC-221-B

William Xu May 30, 2017

近日在 Rowley flea market 收購到一台二戰軍用精密頻率計 BC-221-B。估計生產年份是 1944 年 6 月。經 70 余年，該機整機結構尚祿完整。雖然外表已脫漆但因操作面板帶有蓋板故各開關及調諧機構其本完好。見下列各圖。



Fig. 1 BC-221-B Frequency Meter

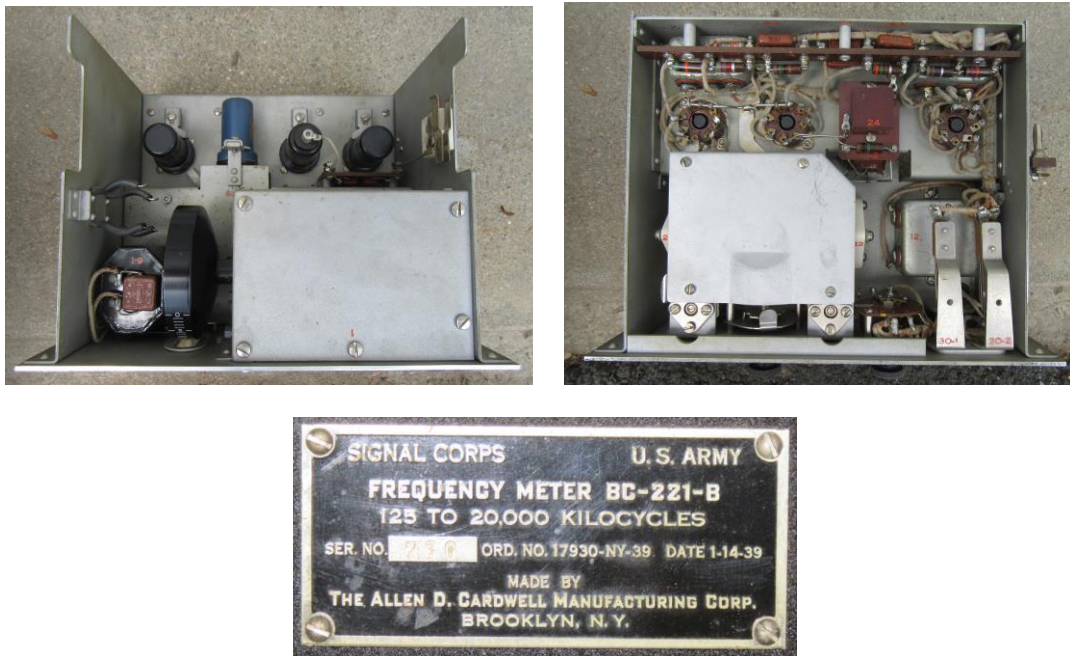


Fig. 2 BC-221-B 內部



Fig. 3 開關及調諧機構

I. 綜述

據銘牌所述，該機是軍隊在 1939 年 1 月 14 日定購，1944 年生產。生產廠家是 The Allen D. Cardwell Manufacturing Corp, Brooklyn, N. Y.

BC-221-B 是用電池操作的（A 電 6v, B 電 135v）精密頻率計。主要用於校正軍用電台的發送頻率或軍用收音機的接收頻率。它共有二個頻段：Low (125 KC to 2,000 KC), High (2.0 MG to 20 MG)。產生的頻率以 KC 為單位，精度為 $\pm 0.01\text{KC}$ 。本機帶有 1 兆赫的晶體用作自校。如每次使用前進行自校即可保證產生的頻率在設計的精度之內。

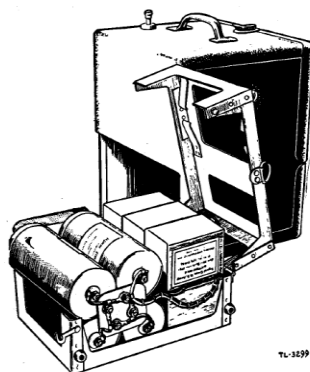


Figure 35. Frequency Meter BC-221-(2), loaded battery tray with sections separated to show construction.



Figure 36. Frequency Meter BC-221-(2), removal of battery tray from frequency meter using finger ring at top.

Fig. 4. BC-221-B 的電池盒

II. 工作原理

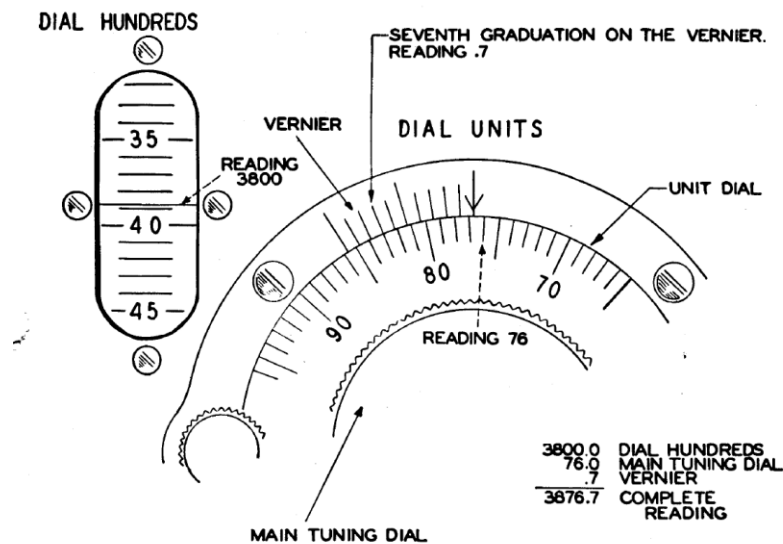
本機實際上即是一個帶有晶振自校的高頻信號發生器。借助於帶機械細紋螺絲的微調電容可使產生的頻率達到 $\pm 0.01\text{KC}$ 的精度。

當用作校正電台發送頻率時，本機先產生指定的發送頻率（例如 19.255 兆赫）再把電台的發送信號經低偶合天線送入本機。然后用本機附帶的耳機收聽二個信號的拍頻（見 IV. 拍頻原理）。微調電台的發送頻率使二者拍頻信號為零（即聽不到嘯叫音了）這時電台發射頻率已校正為 19.255 兆赫。

當用作校正收信機收信頻率時，只須用該機產生指定的高頻信號，（例如 19.255 兆赫）經低偶合天線送到收信機即可。這時收信機可用此信號來校正收信機的 19.255 兆赫調諧刻度。

III. 刻度的讀取，頻率对照表和 Check Points

1. 讀刻度 細看下圖即可明白如何讀刻度。



圖上所表，應讀得 3876.7。其中：

各分值	讀數
DIAL HUNDREDS	3800.0
MAIN TUNING DIAL	76.0
VERNIER	0.7
Total	3876.7



讀出刻度後根據頻段開關是設于 Low 或 High，查表即可知當今頻率是多少。例如讀數是 3850，頻段開關是設于 High，查 69 頁的表（左上第一行），可知當前頻率是：

7.700 兆赫，或 15.400 兆赫，或 19.250 兆赫
（因是諧波的關係故有 3 可能）

INDEX OF DIAL SETTINGS

4500 4000 3500 3000 2500 2000 1500 1000 500 0

69

3850 - 3900
7700 - 7800
15400 - 15600
19250 - 19500

FREQUENCY RANGE		DIAL	
DIAL	FREQUENCY	DIAL	FREQUENCY
3850	7700 15400 19250	3875	7750 15500 19375
3851	7703 15404 19253	3876	7752 15504 19380
3852	7704 15408 19260	3877	7754 15508 19385
3853	7706 15412 19265	3878	7756 15512 19390
3854	7708 15416 19270	3879	7758 15516 19395
3855	7710 15420 19275	3880	7760 15520 19400
3856	7712 15424 19280	3881	7762 15524 19405
3857	7714 15428 19285	3882	7764 15528 19410
3858	7716 15432 19290	3883	7766 15532 19415
3859	7718 15436 19295	3884	7768 15536 19420
3860	7720 15440 19300	3885	7770 15540 19425
3861	7722 15444 19305	3886	7772 15544 19430
3862	7724 15448 19310	3887	7774 15548 19435
3863	7726 15452 19315	3888	7776 15552 19440
3864	7728 15456 19320	3889	7778 15556 19445
3865	7730 15460 19325	3890	7780 15560 19450
3866	7732 15464 19330	3891	7782 15564 19455
3867	7734 15468 19335	3892	7784 15568 19460
3868	7736 15472 19340	3893	7786 15572 19465
3869	7738 15476 19345	3894	7788 15576 19470
3870	7740 15480 19350	3895	7790 15580 19475
3871	7742 15484 19355	3896	7792 15584 19480
3872	7744 15488 19360	3897	7794 15588 19485
3873	7746 15492 19365	3898	7796 15592 19490
3874	7748 15496 19370	3899	7798 15596 19495
CRYSTAL CHECK POINT 3800 7600 15200 19000		3900 7800 15600 19500	
AV. DIAL DIV. PER K.C. 6 7 9 1			

Fig. 6. 查刻度讀數-頻率對照表

2. 刻度讀數 - 頻率對照表

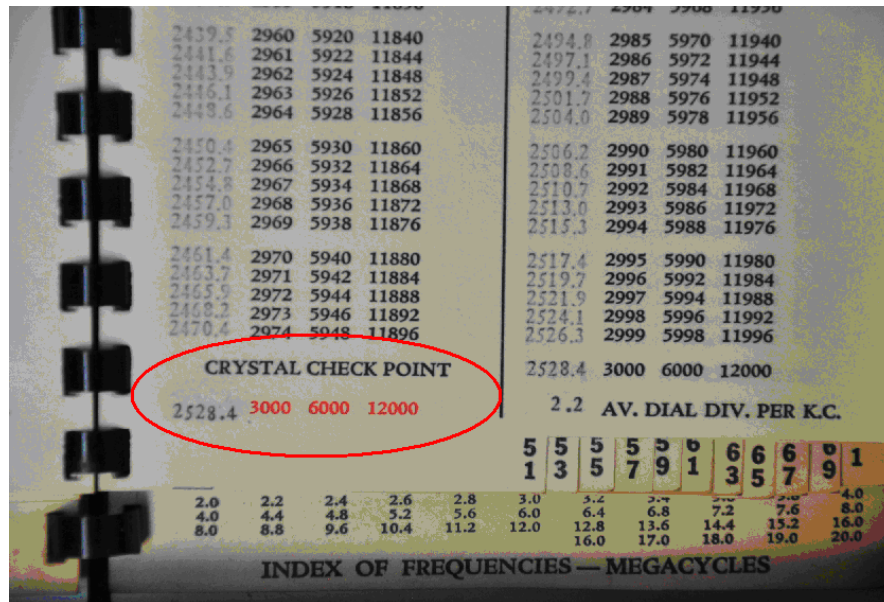
刻度讀數-頻率對照表是一本書(calibration book)。它顯示刻度讀數相對應的頻率。因是諧波的關係，每刻度讀數可有 3 種相對應的頻率。除了面板上的那本對照表，在箱內還有一本備份。



Fig. 7. 刻度讀數-頻率對照表及備份

3. Check Points

Check Points 在頻率对照表中显红色. 見下圖. 它用作頻率各分段的自校.



The image shows a frequency calibration chart with two columns of frequency data. A red circle highlights the 'CRYSTAL CHECK POINT' section, which contains the following data:

Frequency (MHz)	3000	6000	12000
2528.4	3000	6000	12000

Below the highlighted section, there is a section labeled '2.2 AV. DIAL DIV. PER K.C.' with a scale from 1 to 10. At the bottom, there is a section labeled 'INDEX OF FREQUENCIES — MEGACYCLES' with a scale from 2.0 to 20.0.

Fig. 8. Check Points 在頻率对照表中显红色

IV. 拍頻原理

拍頻原理是 BC-221-B 賴以工作的基本原理, 這裡略作描述.

當檢測器或混頻器輸入電路中存在兩個頻率時, 兩個頻率的差頻將作為第三頻率出現在輸出電路中. 這個差異被稱為節拍頻率 (beat frequency). 如果兩個原始頻率非常接近, 差異只有幾千赫或更少, 那麼這第三頻率就在音頻範圍內, 可被耳機聽到.

如 Fig. 9 所示, 如果兩個原始頻率非常接近, 音頻範圍在點 (A) 和 (E) 之間. 如兩個頻率的差頻極小, 範圍就在點 (B) 和 (D) 之間了. 如兩個頻率完全相同, 節拍頻率就到 (C) 點了. 這時第三頻率變成 0 赫, 耳機無聲, 稱零跳點 (Zero beat), 即零拍頻點.

BC-221-B 用此拍頻原理來比較可調信號發生器頻率和本機帶有的晶振頻率以作自校. 自校後的可調信號發生器也用此拍頻原理來比較外來頻率以作其他測量.

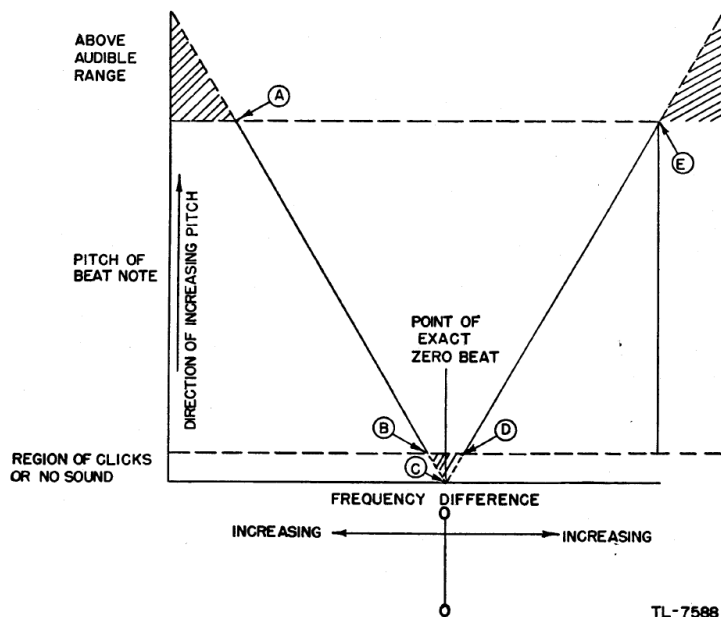


Figure 15. Beat frequency diagram, zero beat region.

TL-7588

Fig. 9. 拍頻原理

V. 使用和操作

1. 预热及预设置(用晶振自校)

- (1) 把耳機插入耳機插孔.
- (2) 把插座 OPERATION 開關轉向 CHECK. 等 15 分鐘預預時間.
- (3) 把對照表書翻到所要頻率的那頁, 找出紅色的 Check Point 刻度数. 把調諧轉盤轉到 Check Point 刻度数.
- (4) 調節 CORRECTOR 直到耳機中消音. 这时自校完成.
- (5) OPERATION 開關轉向 OPERATE. 再把調諧轉盤轉回到需要的頻率.

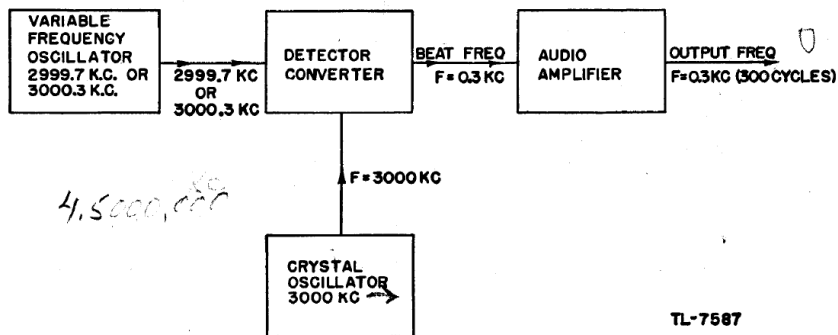


Figure 17. Block diagram, correction at a CRYSTAL CHECK POINT.

TL-7587

Fig. 10. 晶振自校原理图

2. 校正電台發送頻率： 調電台發送頻率直到 BC-221-B 耳機消音。

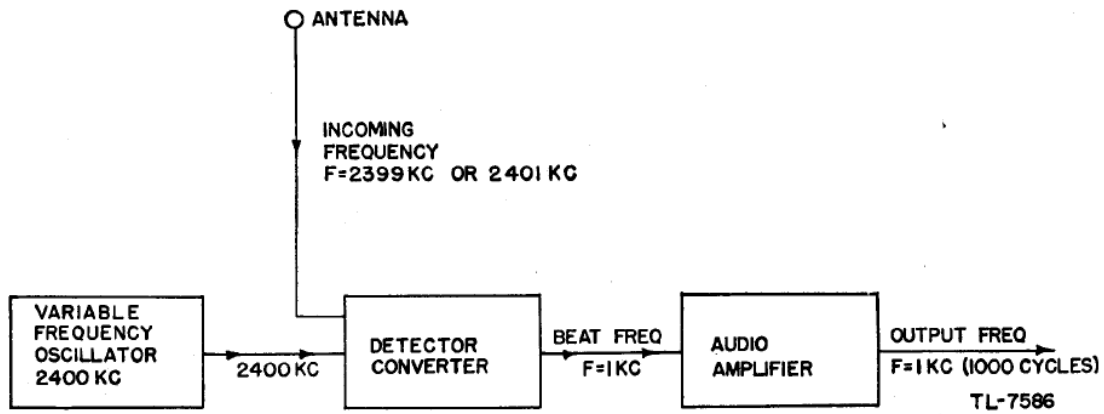


Figure 18. Block diagram, measurement of an external signal.

Fig. 11. 校正電台發送頻率原理图

3. 校正收音機收音頻率： 調收音機頻率直到收音機耳機消音。

4. 关机： OPERATION 開關轉向 OFF.

VI. 线路图

1. 晶體信號發生器

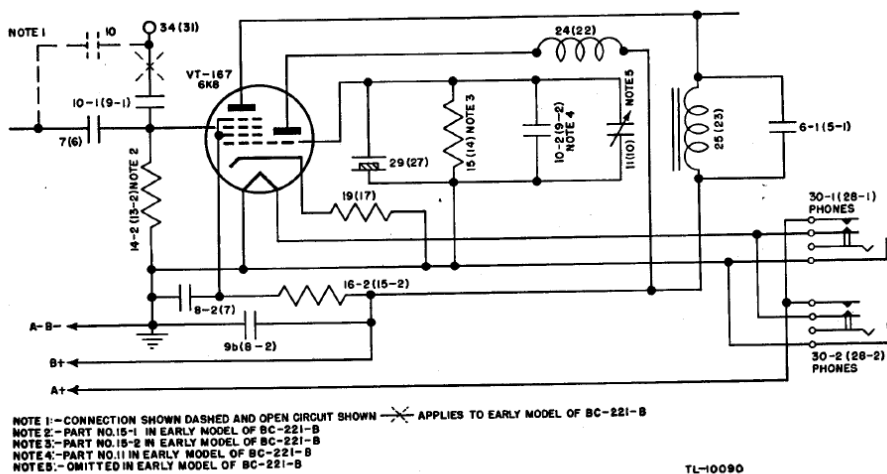


Figure 37 Frequency Meter BC-221-(2), functional diagram, crystal-oscillator circuit.

Fig. 12 BC-221-B 分线路 - 晶體信號發生器

2. 可调信號發生器

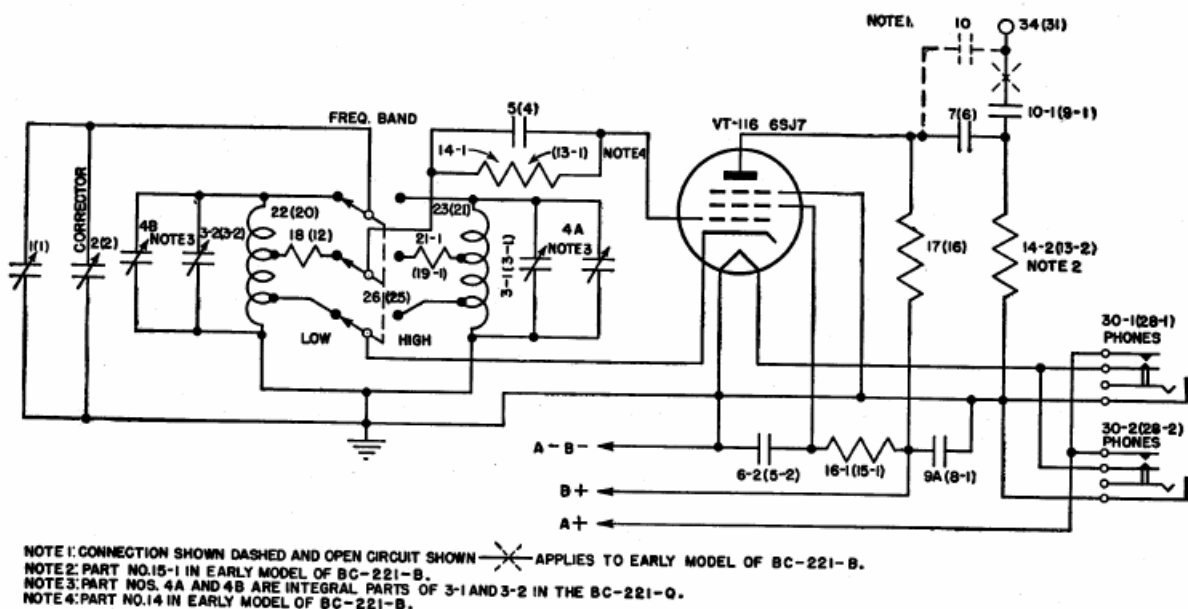


Figure 38. Frequency Meter BC-221-(2), functional diagram, variable frequency oscillator circuit.

Fig. 13 BC-221-B 分线路 - 可调信號發生器

3. 檢波器和音頻放大器

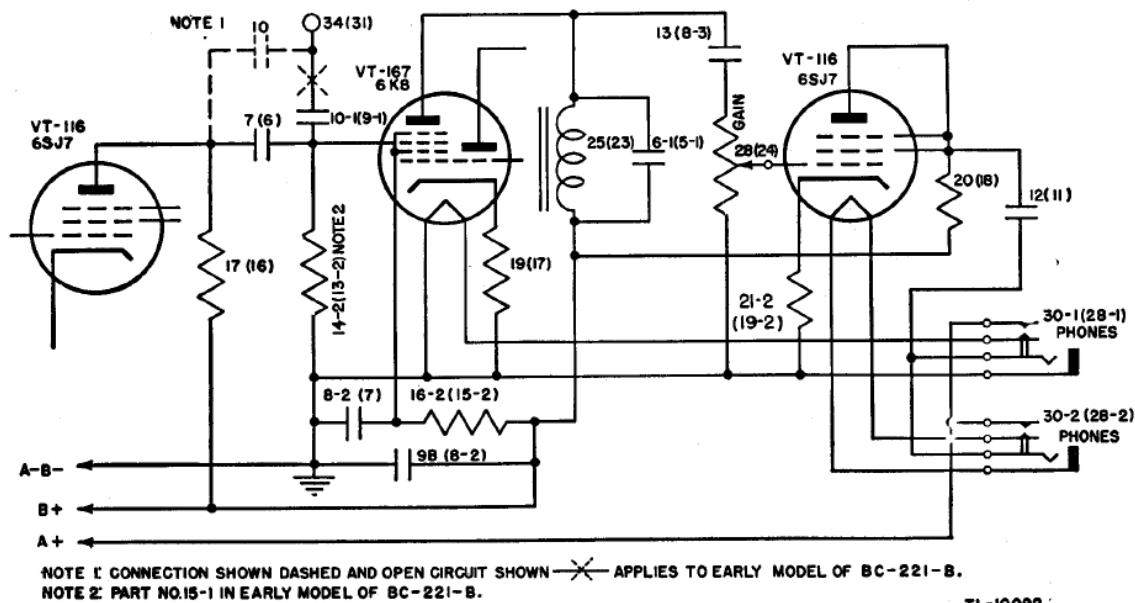


Figure 39. Frequency Meter BC-221-(2), functional diagram, detector and audio-amplifier circuits.

Fig. 14 BC-221-B 分线路 - 檢波器和音頻放大器

4. BC-221-B 整机线路

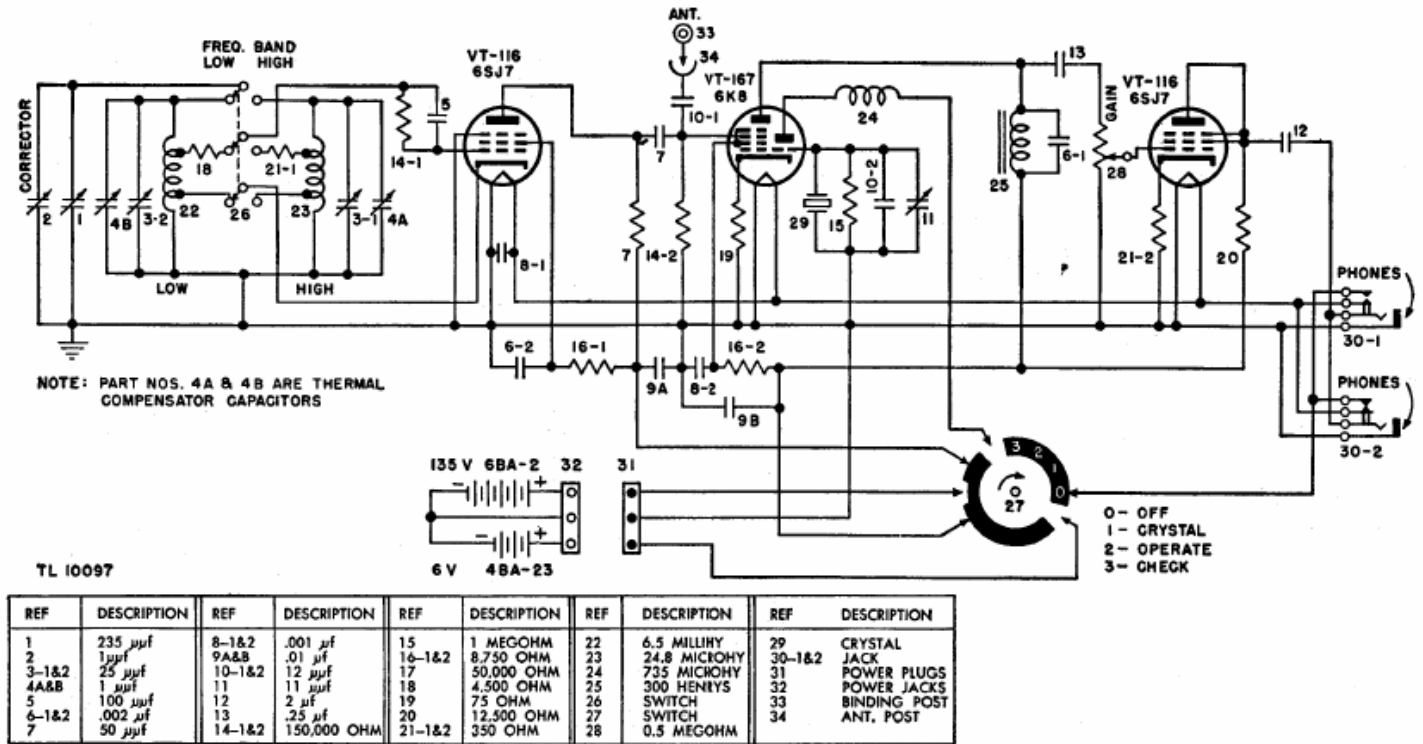


Figure 41. Frequency Meter BC-221-B (late model), schematic diagram.

Fig. 15 BC-221-B 整机线路

References:

1) FREQUENCY METER SETS, SCR-211-A,B,C,D,E,F,J,K,L,M,N,O,P,Q,R,T AA,AC,AE,AF,AG,AH,AJ,AK,AL. WAR DEPARTMENT • 20 JULY 1944

2) Frequency Meter BC-221-B

<http://paulcarbone.com/blog/tag/bc-221-b/>