

日本光电 ECG—6151 型  
ECG—6511 型

# 心电图机电路原理分析

张世真

总后卫生部药品仪器检验所

# 目 录

## 日本光电 ECG—6151 型 ECG—6511 型

第一章

第一节 心电图机的大体构造

### 心电图机电路原理分析

第二节 控制与主放大器电路原理分析

第三节 ECG—6151型交流光电/供电器电路原理分析

第四节 心电图主要参数的调整 张世真

第五节 整机分装及各件名称

第六节 附录：5617型集成电路小电路板的制作方法

第二章

第一节 前置放大器 (UT—5612 PREAMP)

第二节 控制电路 (UT—5613 FLYTOARD)

第三节 主放大器 (MAIN AMP UT—2013)

第四节 机电同步 (POWER SUPPLY UT—2015)

第五节 电池的选用与充电

第六节 几项主要特性参数的调整

第七节 仪器分析文法程序表

总后卫生部药品仪器检验所

# 目 录

## 第一章

- 第一节、浮地前置放大电路原理分析..... 1
- 第二节、自动键控电路原理分析..... 5
- 第三节、控制与主放大器电路原理分析..... 6
- 第四节、SB—613D型交流充电/供电电路原理分析..... 9
- 第五节、几项主要参数的调整..... 10
- 第六节、整机分解及各部名称..... 11
- 第七节、附录：50HZ交流滤波小电路板的安装方法..... 11

## 第二章

- 第一节、前置放大电路 (UT~20783 PREAMP)..... 13
- 第二节、键控电路 (UT~20781 KEYBOARD)..... 15
- 第三节、主放大电路 (MAIN AMP UT~20782)..... 17
- 第四节、供电电路 (POWER SUPPLY UT~20784)..... 18
- 第五节、电池的使用与充电..... 20
- 第六节、几项主要特性参数的调整..... 21
- 第七节、仪器分解及各部名称..... 23

# 第一章 ECG—6151型心电图机原理

ECG-6151型单导心电图机是日本光电厂生产的一种小型心电图机。它的电路设计构思比较新颖。由于采用了微处理器控制技术,因此它具有自动选择和转换导程,自动记录心电图、自动进行增益控制、自动调整基线位置等项功能。主机电路分三部分:浮地前置放大电路部分,自动键控电路部分和控制与主放大器电路部分。下面将分析各部分电路的工作原理。

**第一节、浮地前置放大电路原理分析(UT—20032,35HZ滤波, UT—20037,50HZ滤波)**  
电路如图一所示。

在同一块印刷电路板上,除了浮地前置放大电路外,还包括浮地和非浮地的供电电路——直流/直流转换器。图上部的J102、J103和图右部的J104是连接插座。由三条带状电缆与控制主放大器电路部分联接起来。图的左下部是SB—613D型交流供电、充电器电路图。

## (一) 浮地前置放大电路

电路包括:输入缓冲放大器(IC301、IC302),威尔森网络,屏蔽驱动器(IC303的一半),右脚电极驱动器(IC303的一半),导联选择模拟开关(IC304-IC307),前置放大器(IC308)时间常数电路,瞬时放电(INST)电路,峰值保持、峰值运算电路(IC311、IC312),灵敏度和滤波选择模拟开关(IC310),中间放大器(IC309)。此外还包括光耦合器(PC-02)和非浮地的高增益放大器(IC314)。

由电极接收到的心电信号,经导联线的输送,通过平衡电阻(R385-R393)后,加到缓冲放大器的输入端。IC301和IC302是由多个电压跟随器组成的集成电路。它们的输入阻抗很高,可达 $100M\Omega$ ,因此大大减小了由于电极与人体接触电阻不平衡而引起的信号失真。D308-D397是二极管保护电路。它们跨接在缓冲放大器的输入输出端。在正常情况下,心电信号只有几毫伏,二极管不导通,电路的输入阻抗由缓冲放大器来决定,输入阻抗很高,信号衰减很小,有强干扰信号时,当干扰信号大于 $0.6\text{V}$ 时,二极管导通。这时的输入阻抗就不再由缓冲放大器决定了,而主要由威尔森网络的输入阻抗来决定。由于威尔森网络的输入阻抗很低,干扰信号在电极与皮肤接触电阻以及平衡电阻上分压后受到很大衰减,从而起到强干扰保护作用。

缓冲放大器输出的心电信号加到威尔森网络上。威尔森网络的中心点与屏蔽线之间设计了一个屏蔽驱动器(IC303)。如果没有屏蔽驱动器的隔离,各导程输入端的信号地要直接与威尔森网络的中心点相联接。如图1.1(a)所示:

其等效电路如图1.1(b)所示:

显然,由于多种因素的影响导联线与屏蔽线之间形成的漏阻抗 $Z$ ,会使放大器的输入阻抗大大降低。在这种情况下,漏阻抗对输入电路的影响就成为不容忽视的大问题了。

接上屏蔽驱动器的情况就不大一样了。图1.2是加上屏蔽驱动器后的等效输入电路。

屏蔽驱动器也是一个电压跟随器,其放大倍数等于1,而输入阻抗非常高。这样即保障其输入端(即威尔森网络的中心点)与其输出端(各导程输入端信号地)的电位相等,又将屏蔽地与信号地巧妙地隔离起来,使导联线与屏蔽线间的漏阻抗对输入电路的影响微乎其微。

右脚电极驱动器也是电路设计构思的新颖之处。一般的心电图机是把右脚电极位作为心信号的零电位来处理的。而本机是把右脚电极作为抑制共模干扰的参考电位，在右脚电极与威尔森网络的三个顶点之间设计了一个驱动器电路。这个电路由 IC303 的另一半组成。它实际上是一个反向输入的求和运算放大器。三个肢体电极(除右脚电极外)上的心电信号通过缓冲放大器后，分别加到威尔森网络的三个顶点。三个顶点又分别通过一个 10K 的电阻接到 IC303 的反向输入端第 7 脚上。其同向输入端第 6 脚接浮地。当右脚电极由于感应干扰信号电位发生变化时，其它肢体电极上也会感应到同相位的共模干扰信号。这三支共模干扰信号经过缓冲放大器后又反馈到 IC303 的第 7 脚上。通过放大后输出的干扰信号与原来的相位正好相反，通过电阻 R31 送到右脚电极上，恰好抵消了右脚感应到的干扰信号，使右脚电极维持在一个恒定的电平上，从而大大减小了其它肢体电极上的共模干扰。有用的心电信号则由于信号地与浮地点的隔离，既没有共同的零电位，而不会引入 IC303 进行放大，电阻 R31 小一些，抑制干扰的效果会好一些。但也不能太小，否则会引起自激振荡。在共模干扰严重的情况下，R31 可适当减小，但最低不可小于 50K。

导程选择模拟开关对 12 个标准导程的心电信号进行选择。IC304-IC307 是模拟转换开关集成电路。开关的转换是由 A、B、IN 三个控制端子的输入电平来控制的。其模拟功能如图 1.3 所示。

三个控制端的逻辑真值及转换状态如表 1.1 所示。

(本仪器所用 IC 为 TC4052，与 MC14052 通用)。

IN 端子是一个禁令控制端，当此端为高电平时，两组模拟开关全部处于断路状态。这三个端子的控制电平全部来自控制与主放大器电路的中央处理器 CPU(后面将详细说明)。

IC304 选通定标和第 I、II 导程；IC305 选通 aVR、aVL、aVF 和 V1 四个导程；IC306 选通 V2、V3、V4 和 V5；IC307 选通 V6。导程选择逻辑功能如表 1.2 所示。

前置放大器 IC308 对选择后的心电信号首先进行差分放大。IC308 是一种多功能的专用集成电路。内有差分放大器，定标信号发生器，起搏脉冲补偿电路，耦合前置放大器和光耦合驱动器。第 14、16 脚是差分放大器的输入端。

差分放大器的作用是提高共模抑制比并放大心电信号。其放大倍数为 20 倍。本仪器的共模抑制比可达 100dB。

IC308 的第 19 脚是定标信号发生器的控制端。不定标时，这里为高电平(约 +5V)。定标时，这里为低电平，使定标信号发生器产生 1mV 的定标电压。这个控制电平也是来自控制与主放大器电路。Rx 为外接调整标压幅度的电阻。当更换 IC308 后，由于集成块型号的改变或其它原因实际增益与幅度有差异时，需要调整此电阻来校正标压幅度，使其与实际增益一致。这个电阻值一般在 100Ω~200Ω 之间，因此可以接上 500Ω 的电位器进行调整。

起搏脉冲补偿电路是为了降低起搏脉冲的幅度。并将脉冲展宽，减小起搏脉冲对心电信号的影响，在这里被放大的心电信号由 IC308 的第 12、13 脚送出外电路。

C301 和 R335、R336 组成时间常数电路。本机的时间常数设计在 3.3 秒。晶体管 Q301、Q302 和 Q303 组成了瞬时放电即 INST 或称 RESET 电路。当按下“RESET”开关或转换导程时，Q303 的基极接收到从 CPU 送来的负脉冲(由高电平变低电平)而瞬时导通。+8V 的电压通过 Q303 给 Q301、Q302 的基极加上正向偏压，使 Q301 和 Q302 也瞬时导通。在导通期间，一方面将后级放大器的输入端对地短路，避免了干扰信号的输入。另一方面，C301 通过

Q301、Q302 迅速放电，恢复到起始状态，使迹线回零（即原来确定的位置），为下一导程心电信号的记录作好准备。

IC 309 接成增益为 40 倍的放大器，即中间放大器。VR 301 是平衡调节电位器。调整 VR301 可使 IC309 的输出端保持在零电位。如果其输出不为零电位（在无信号输出的情况下），当转换灵敏度选择开关（1/2、1、2）时迹线会发生位移，将 VR401 调整在最佳位置，就可以使迹线在转换灵敏度开关时不发生位移。

由 IC309 的第 6 脚输出的心电信号首先输入 IC311 的峰值保持电路进行峰值保持。IC311 是由峰值保持电路和峰值运算电路组成的专用集成电路，它的功能是产生自动增益控制电压和迹线位移自动控制电压，保持后的正、负峰值分别由第 8、9 脚和第 10、13 脚送到 IC312 进行缓冲放大。然后正、负峰值再分别送入 IC311 的第 17 脚和第 15 脚，由峰值运算电路进行运算后，从 18 脚输出迹线位移自动控制电压，第 16 脚输出自动增益控制电压。

当所记录的心电信号 QRS 波幅升高时，正向波幅升高，IC311 第 18 脚将输出一个负的控制电压。正向波幅越高，输出的控制电压越负。这样使 IC309 输出的心电信号经过电阻 R346 后，又迭加上一个负的直流电平，从而使得迹线位置自动下移，使心电信号始终记录在纸的中部，达到迹线位移自动控制的目的。

由 IC311 第 16 脚输出的增益自动控制电压被送到比较器 IC313 上进行比较。心电信号越强，这里输出的电压越高。这个控制电压加在 IC313 的反向输入端第 3 脚上，经电阻分压，加着一个约 0.7V 的固定偏置电压。当记录的心电信号幅度超过 40mm 时，送到 IC313 反向输入端的电压高于同向输入端的固定偏置电压，其输出端由 +8V 变为 -8V，这个负脉冲送到 CPU 进行处理，然后 CPU 再送出新的控制信息，一方面使液晶显示器上的标压方波幅度降为原来的 1/2，另一方面给灵敏度选择模拟开关 IC310 的 A、B 控制端送来新的选通脉冲，使重选后的灵敏度比原来降低 1/2，当这一导程的记录结束时，再打上灵敏度降低后的毫伏标记，以提醒操作人员的注意。

IC311 的峰值保持电路还有两个控制端。第四脚是工作/停止控制端。这里为高电平时，峰值保持正常工作。低电平时停止峰值保持。当灵敏度降为 1/2 时，CPU 给这送来低电平，峰值保持电路停止工作。第 5 脚是峰值保持清除控制端。在自动转换导程期间，由 CPU 电路给这里送来一个低电平，清除原保持的信息，使迹线回零，为一下导程的峰值保持作好准备。自动记录期间这里为高电平控制。在非自动记录期间第 4 脚和第 5 脚均为低电平控制，因而峰值保持和峰值运算电路不工作。

IC310 是灵敏度和滤波通断选择模拟开关。开关的转换是靠改变 A、B、C 三端的控制电平来实现的。其逻辑功能真值表如表 1.3 所示。

有一批由日本进口的 ECG—6151 型心电图机只具有滤除 35Hz 肌电干扰的功能，而不能滤除 50Hz 的交流干扰。它的改进型 ECG—6151A 型机具有 50Hz 交流滤波器。它将 50Hz 的干扰幅度衰减至原来的 1/8，为了弥补 ECG—6151 机的缺陷，生产厂家已将滤波器电路制成小电路板，只要将它附加在前置放大电路板上，对电路稍加改动就可以获得满意的滤波效果。滤波电路的加装方法请见附录。

经 IC310 选定灵敏度后的心电信号又送至 IC308 中耦合驱动前置放大器输入端（第 8 脚）。另一个输入端第 10 脚是迹线调整控制端。通过调节迹线调整电位器，这里可以获得从 -6.8V 至 +6.8V 的电压变化，从而改变迹线位置。心电信号在这一级被放大 2.5 倍，再经光耦合器

PC—02提供驱动电流，由PC—02将心电信号耦合到非浮地放大器 IC 314 (1/2) 上进行电压放大。

IC314 (1/2) 是非浮地的高增益放大器。其放大倍数为 500 倍，1mV 的标压在其输出端的输出为 0.5 V。放大后的心电信号送至 J104，由带状电缆引入控制与主放大器电路板的主放大器放大，最后描记出心电图。

## (二)、供电电路—直流/直流转换器

为了最大限度减少 50Hz 交流干扰和保障病员安全，本机关键电路部分采用了浮地供电方式。这种供电方式是通过直流—交流—直流转换来实现的。

IC 314 (1/2)、Q311、Q312、Q304、Q305 组成了直流/直流转换器的振荡电路。绕组 6~7 通过二极管 D 306，电位器 VR302 为 IC314 的同向输入端第 4 脚提供正反馈电压。调节 VR302，改变反馈量的大小，也就改变了振荡的强弱，从而可以调节输出电压的高低。绕组 6~7 的电感量和电容 C322 是决定振荡频率的主要因素。IC314 第 2 脚输出的电压频率约为 70KHz，峰峰值约为 0.5V，迭加在 +10V 的直流电平上。经过电阻 R397 送到驱动晶体管 Q312 的基极上，通过绕组 3~4 为功放级 Q304 提供驱动电流，经过 Q304 的功率放大，在初级主绕组 1~2 上得到 23V 的方波交变电压。Q305 和电阻 R363 组成恒流源，它给稳压管 ZD302 提供一个恒定电流，从而保证 ZD302 给 IC304 第 3 脚输送一个稳定的偏置电压 (约 +4V)；以保障振荡的稳定。经变压器 T301 耦合，由绕组 8~9 和 10~11 取得的交变电压经整流滤波后得到 ±8V 两组直流电压，为前置放大电路的模拟集成放大电路供电。绕组 12~13 取得的交变电压经整流滤波后得到一组 +5V 的直流电压，为自动键控电路和控制电路部分的集成电路供电。此外，+5V 与 +8V 两个输出端接在一起，相对于 +8V 的零电位来说，+5V 的零电位就是 +3V 的输出端了。±8V 和 +3V 的电压给前置放大器供电。

图一中，符号  $\downarrow$  表示 ±8V 浮地电压的零电位。符号  $\uparrow$  表示 +5V 浮地电压的零电位。两种零电位之间存在着 +3V 电位差。这种组合供电方式大大减化了供电电路，也满足了不同集成电路的供电要求，保证了集成电路工作的稳定性。

IC302 (1/2)、Q307、Q308 和 Q309 以及变压器 T302 组成了另一个直流/直流转换器的振荡电路。其工作原理与上述电路大致相同。只是维持振荡的正反馈电压是由变压器 T302 的次级绕组 5~6 取得，经过二极管整流，再经 R370 和 R371 分压后加到 IC320 的同向输入端第 4 脚上。C315 具有滤波和决定振荡频率的双重功能。振荡电压经过 Q308 的功率放大，在变压器初级绕组 1~2 上得到频率为 30KHz，幅度为 16V 的方波交变电压。稳压管 ZD304 的额定稳压值为 24V，它保护 Q308 不被反向高压击穿。

次级绕组经整流滤波稳压后得到一组 ±8V 的直流电压，供给非浮地的控制与主放大电路板上的主放大器、马达驱动电路和定时控制电路。

为了避免电池过放电，本机设计了电池电压检测保护电路，它由 IC320 (1/2)、稳压管 ZD316、电阻分压器 R30B、R30C、R30D 等元件组成。其工作原理是这样的：由稳压管 ZD316 上取得的 +5V 电压通过电阻 R30E 加到比较器 IC320 的同向输入端第 6 脚上。由 R30B、R30C、R30D 对电池电压进行分压，在 R30C 上端的分压通过电阻 R30 加到 IC302 的反向输入端第 7 脚上。电池电压正常情况下，R30C 上端的分压高于稳压管输出的 +5V 电压。这时 IC320 输出一个低电平 (约 0V)，两个直流/直流转换器的控制晶体管 Q310 和 Q311 因基极加有反向偏压而截止，直流/直流转换器正常工作。

当电池电压降低时，电阻R30C上的分压也随之降低。当低于ZD316上的+5V电压时，IC320反向输入端的电平低于同向输入端的电平，因此输出一个高电平。这个高电平送到Q310和Q311的基极上使它们导通，将直流/直流转换器关断，切断主供电电源，原机耗电量降为原来的1/5。

使用蓄电池供电和使用干电池供电时的自动保护电压值是不一样的。当使用蓄电池供电时，蓄电池盒上的负电极将分压电阻R30D短路，使R30C上端的起始分压较低，当蓄电池电压降到10V时，保护电路就起作用。当使用干电池供电时，R30D不被短路，使R30C上的起始分压较高，只有当电池电压降到约6.5V时，保护电路才被启动，由于干电池是一次性消耗备件，所以保护电压设计的较低。

## 第二节、自动键控电路原理分析 (AUTO KEYBOARD UT—20031)

电路图如图二所示。

主要由键控编码器IC701，显示译码器IC702、IC703，液晶显示驱动器IC705~IC708，液晶显示器LCD、脉冲反向器IC704和十一种功能选择按键开关SW701~SW711所组成。由一条23芯带状电缆把它和控制与主放大器电路连接起来。

键控编码器对10个按键开关(SW701~SW710)进行键控编码。IC701(MC14419)是一种具有16种组合状态的四位二进制编码器。其典型的实用键控编码电路如图2—1所示。本仪器只用了0~9十种状态进行编码。其逻辑真值表如表2.1所示。

例如当按下ADV按键(即advance的缩写，导程前进按键)时，编码后的输出是：D1、D3、D4均为低电平，D2为高电平。同时ST端(即第14脚)输出一个瞬时正脉冲。这一组控制数据送到CPU进行处理后再产生相应的控制信号。ST端输出的瞬时脉冲叫作选通脉冲，它用来排除因开关反跳而引起的错误数据输入。

IC702和IC703，即MC14028B是将四位二进制数据变为十进制数据的译码集成电路，它有十位输出端。而本仪器中，IC702只用了Q<sub>0</sub>~Q<sub>7</sub>的8位输出，IC703只用了Q<sub>0</sub>~Q<sub>4</sub>的五位输出，它的逻辑功能真值表如表2.2所示。

IC702和IC703对CPU送来的导程转换信息进行译码。例如每当按下ADV按键开关时(面板上有箭头朝下标志的按键开关)，CPU便送来一组二进制导程转换信息。经过译码，IC702的Q<sub>0</sub>~Q<sub>7</sub>或IC703的Q<sub>0</sub>~Q<sub>4</sub>便依次输出一个高电位，这个高电位信息作用于液晶显示驱动器，再驱动液晶显示器，从而显示出被选的导程编号。

IC705~IC709是异或门驱动器，每个集成电路中有四组异或门。当其输入端的两个信号相异时，输出为高电平。而当两个输入端的信号相同时，输出为低电平。其逻辑功能真值表如表2.3所示

本机的异或门是作为脉冲反相器使用的。其中一个输入端施加着一个30Hz的方波脉冲，当另一个输入端为低电平时，输出脉冲与输入端同相位。当另一个输入端为高电平时，输出与输入相位相反。这一点根据其逻辑功能真值表很容易看出来。

液晶显示器LCD是近年来发展起来的一种低电压、低功耗的显示器件。本仪器所用的液晶显示器的工作原理是这样的：在显示环节的公共控制端(第1、2、36、39、40脚)上施加30Hz的脉冲控制信号。在每一个显示环节的控制端，通过IC705~IC709端20个异或门的输出，也同时施加一个同样频率和幅度的控制脉冲，当这个控制脉冲与公共端相位相同时，LCD便无显示，相位相反时便有显示。这种显示器使得译码和驱动电路变得非常简单。例



如在走纸速度显示“25mm”和“50mm”两个控制环节之间，只加了一个脉冲反向器（即LCD第5和第6脚之间的IC704）就很容易地解决了纸速显示的转换。

Q702和LED701是记录启动指示电路。Q703和LED702是信号切断（INST）指示电路。它们的工作是由CPU来控制的。

### 第三节、控制与主放大器电路原理分析（CONTROL & MAIN AMPVUT—20033）

控制与主放大器电路设置在同一块印刷电路板上，电路如图三所示。CNJ102、CNJ103、CNJ104是联接插座，通过三条带状电缆分别与前置放大电路板的J102、J103、J104相连接。

#### （一）、控制电路

控制电路包括中央处理器CPU（IC101），只读存储器ROM（IC102），锁存器电路IC103、IC104、程序控制器IC106，分频器IC105、蜂鸣器控制电路IC108、IC109、检纸电路、马达速度控制电路和定时控制电路。

CPU是一种大规模集成电路。本机CPU是一种制特的专用微处理器。它有八组输入输出接口，PK、PE、PF、PG、PD、PA、PB和PH。另外还包括时钟脉冲发生器，内设4bit的逻辑运算单元和512bit的存储器。此外还有几个输出输入控制端。由于它是专为本仪器特制的，所以要比计算机用CPU简单得多。本文对其内部结构不作详细介绍。只结合电路，说明各组接口和控制端的功能。

PK是输入接口。它接收来自自动键控电路编码后的BCD数据。

PE是输出接口。它输出四位BCD数据作为导程选择控制信息。这组数据一方面送到自动键控电路的译码器，译码后通过异或门启动LCD显示被选择的导程；另一方面，第23、24脚输出的数据A、B通过CNJ102输出，送至前置放大电路部分的导程选择模拟开关IC304~IC307的A、B控制端，而第25、26脚输出的数据C、D则通过门控电路IC107的处理，变为四选一的控制信息，也送至前置放大电路部分的导程选择模拟开关的禁令控制端上（11V端子）。它们组合起来，对12个标准导程的心电信号进行选择。

IC107（MC14556）是一种兼具解码和信息筛选功能的集成电路。它将双端输入的二进制数据变为四选一的控制数据，它的真值表如表3.1。

前面讲过，由于导程选择模拟开关的禁令控制端为低电平有效，当为高电平时开关被封闭在断路状态，因此，我们采用Q0、Q1、Q2、Q3的输出状态，正好是其中一输出为低电平“0”时，其它三位输出都是高电平“1”。这就保证了当一个导程选择模拟开关工作时，其它全部被封闭在断路状态，从而保证了导程选择的准确性。

PF是输出接口。它输出四种功能的控制信息。自动/手动（AUNO/MANUAL）转换，信号清除（RESET即INST），交流滤波（HUM FILTER）的ON/OFF转换，记录的启动和停止（START/STOP）的显示控制。

PG也是输出接口。第31、32脚输出灵敏度转换控制的二进制数据，一路送至前置放大电路控制灵敏度选择模拟开关的转换，另一路则经过IC107（1/2）的处理，送至自动键控电路控制LCD上灵敏度标记的显示。第33脚输出记录启动和停止的控制信息。记录启动时为低电平有效。第34脚是在自动记录过程中，当每一导程记录完成后，这里输出一个负脉冲，送至前置放大电路，启动IC308的毫伏信号产生器，完成自动定标的程序。

PH是输入接口。第36脚接收由检纸电路送来的检纸脉冲。第37脚接收由前置放大电路

自动增益比较器(IC313)送来的自动增益控制脉冲。  
PD 是输出接口, 它将四位高位地址数据送到地址总线、分别作为 ROM 的选址脉冲和 IC110的时钟脉冲。

PA和PB是双向数据输送接口, 分别接到两组数据总线上。通过锁存器IC103和IC104给 ROM提供记忆地址数据, 它也可以接收从ROM或程序控制器IC106送出的信息。

除了上述八组输送接口外, 还有几个控制端简单说明一下。

CPU的第5脚输出 131KHz 的同步时序脉冲信号, 分别作为锁存器 IC103、IC104、IC110和分频器 IC105的时钟脉冲。第12脚输出读出指令、低电平有效。第22脚输出选址允许信号, 低电平有效。第35脚为输入端。接收分频后的 256 Hz 的脉冲信号。第7、8脚为置零和方式控制端, 低电平有效。本仪器由于不需要这两项功能, 所以通过IC110给其加了一个高电平。第9、10两脚之间接着一个晶控振荡器, 它产生的时序脉冲, 作为整个控制系统的时基脉冲信号源。

IC103、IC104(MC14042B)是锁存器。当第6脚(P端)为高电平“1”时, 如果第5脚(CL)也为“1”时, 门打开, 数据由D传送到Q。如第5脚为低电平“0”、从脉冲下降沿开始被封闭, 其逻辑真值表如表 3.2。

IC110(MC14174)是由六组D触发器组成的集成电路。其第1脚(R端即置零端, 低电平有效)施加了高电平“1”。在这种情况下, 当时钟脉冲的上升沿到来时;  $Q_0 \sim Q_5$  的输出与  $D_0 \sim D_5$  的输入数据是对应一致的。就是说当D为“0”时, Q输出也为零。当D为1时, Q输出也为“1”。其逻辑真值表如表 3.3。

由IC110第5脚输出马达转速(即走纸速度)转换的控制信息。第2脚输出清除峰值保持的控制电平。第7脚输出停止峰值保持的控制信息。

IC105 是一个具有12阶的分频器。它把CPU送来的 131KHz 的脉冲信号进行分频。经过  $1/2^5$  分频由第5脚输出 4096 Hz 的脉冲信号。一方面供自动键控电路作为键控编码器的时钟脉冲, 另一方面送到峰鸣器电路作为音响驱动信号。第12脚输出 256Hz 的脉冲信号(经  $1/2^9$  分频), 第13脚输出 512Hz 的脉冲信号(经  $1/2^8$  分频), 分别作为走纸速度为“25mm”和“50mm”时的马达转速控制脉冲。第1脚输出 32Hz 的方波脉冲(经  $1/2^{12}$  分频), 作为自动键控电路液晶显示器的驱动信号。

IC102 是一种可抹擦编程的只读存储器(EPROM)其容量为 16K。它记忆整机系统的操作程序。

IC106 和程序予置开关SW101组成简单的程序控制器。通过予置六个开关的ON/OFF, 可以对记录时间、增益控制、迹线位移等项功能编制简单的自动控制固定程序。在自动工作方式启动时(低电平有效), IC106 将予置的程序通过数据总线送到 CPU, 完成记录程序的自动控制。

峰鸣器电路由IC108、IC109 和峰鸣器BZ101组成。IC108 两组正或非门接单稳触发器。单稳时间为 0.07 秒。当按下每一操作按键时电路便被触发。在这段时间内, IC108 的第11脚维持高电平, 控制IC109 的一组正与非门的输入端(第13脚), 从而使加在IC109 第11脚的4096Hz的音响信号顺利通过这个与非门, 控制峰鸣器出“笛一”声, 以证实键控开关的选通。

检纸电路由检纸传感器 PHC102 和脉冲整形电路IC113组成。光敏传感器将带黑方框标

记的记录纸上明暗色调的变化,变成电压信号的变化加到IC113的同向输入端第3脚上。在没有黑色方框标记时,这里电平约为+5V。当每一个黑色标记经过光传感器时都产生负向脉冲信号。经过IC113的放大并整形后,在输出端第7脚上得到一个标准的矩形负脉冲,送到CPU的PH接口第36脚。CPU通过对检纸脉冲的计数,控制自动记录程序(程序予置开关检纸方式予置在ON)。

马达控制电路由光耦合启动电路(Q102,光耦合器HPC101的1/2,Q105)、光耦合转速控制电路(Q103,光耦合器PHC101的另1/2),锁相稳速电路(IC111, IC112)和马达驱动电路(Q101, Q104)组成。

由CPU第33脚送出的马达启动脉冲经IC108接成的一组负非门反相后为Q102提供驱动电流,从而启动光耦合启动电路。平时在“STOP”状态,CPU第33脚输出为高电平。IC108的第3脚(即负非门的输出端)输出为低电平(约0V)。Q102截止,光耦合器第8脚输出为高电位。Q105导通,使由Q101和Q104组成的马达驱动电路停止工作。在START状态下,CPU第33脚输出为低电平。IC108第3脚输出为高电平。Q102导通,从而启动光耦合器,其第8脚输出为低电平(约为0V)。Q105截止,马达驱动电路开始正常工作。

光耦合转速控制电路是为了将256Hz或512Hz的转速控制脉冲信号耦合到非浮地的锁相稳速电路而设置。在脉冲信号作用下,通过控制Q203的导通与截止,驱动光耦合器PHC101。从而在第6脚上得到与Q103输出相同的脉冲信号,再送到IC112输入端第14脚。IC112是一个相位比较器。它与IC111组成锁相稳速电路。IC111的三个正非门组成信号放大和整形电路。它把马达转速传感器测到的转速信息(正弦波信号)进行整形和放大,然后馈送到IC112的输入端第3脚上,与耦合器送来的转速脉冲进行相位比较。如果马达转速发生变化,IC112第3脚上反馈输入的脉冲信号频率即相位也会跟着变化。因此,在相位比较器的两个输入端就产生了相位差。经过IC112比较放大处理后,在其输出端第13脚上就得到了驱动电位的相应变化,这个电压的改变导致马达驱动电路Q101和Q104电流的变化,从而将马达转速稳定下来。例如,当马达转速减慢时,IC112第3脚上输入的反馈控制信号频率变低,因而与第14脚的输入脉冲产生了相位差。这时经IC112比较放大的结果是使其输出的驱动电压变高,结果使马达驱动级电流增大,从而使马达转速回升。如果马达转速变快,反馈结果与上述恰恰相反。总之,直到反馈脉冲与控制脉冲相位相同时,电路趋于稳定,马达转速稳定下来。由于采用了相锁稳速控制电路,加上256Hz和512Hz转速控制脉冲的精确,所以本机马达转速,即走纸速度是准确的,而且不需要调整。

在纸速为“25mm”时,IC112输出的驱动电压约为2.8V,在纸速为“50mm”时,输出的驱动电压约为4.2V。

定时控制电路主要由IC117和Q107组成。它是为了在操作人员忘记关掉电源开关时,定时切断主供电电路,延长电池使用寿命而设置的。

IC117兼作振荡和分频器。它的第1脚是定时电路的控制端。当此端为低电平(0V)时,电路起振,定时控制电路开始工作。当此端为高电位时(约+2.5V),定时控制电路不工作。在使用电池供电时,此端的控制电平由仪器的工作方式选择“START”或“STOP”状态来决定。在“START”状态,此端输入为高电平,定时控制电路不工作。在“STOP”状态,此端输入为低电平,定时控制电路起振开始工作。C132和R145的时间

常数决定了振荡的基频。经过IC117进行分频，将频率分为原来基频的1/1024，即周期延长1024倍(约2分钟)时，IC117第8脚输出一个高电平，通过连接插座CNJ104，经电缆送至前置放大电路板上，将两路直流/直流转换器同时关断。这个高电平同时又反馈到IC117的第2端，使第8脚维持高电位不变。当使用交流供电时，由浮地前置放大电路板上提供一个约+2.5V的高电平，加在IC117第1脚上，定时控制电路不工作，第8脚不再送出高电平，因而电源不会自动被切断。

## (二)、主放大器电路

主放大器电路包括两个信号放大集成电路(IC114和IC115)，四个笔马达驱动功放管(Q108-Q111)和一个描记笔温控集成电路IC116。笔马达是位置反馈型的线性机械记录装置。IC114也是一种多功能的专用集成电路。内部包括比较放大器，极限放大器和阻尼控制电路，从前置放大电路板送来的心电信号，通过增益微调电位器VR102加到比较放大器的输入端IC114的第12脚。位置传感器产生一个正比于记录笔转角的检测电位，也加到比较放大器的另一个输入端(IC114的第3脚)。信号差被放大后送到IC115再放大。然后推动笔马达功放管进行功率放大，给笔马达提供驱动电流。

位置传感器检测到的电压是与心电信号同相位的，且正比于描记笔的转角。当这个反馈信号幅度与心电信号幅度相同(即差值为零)时，记录笔停止转动。这种笔马达消除了因机械惯性造成的失真，保证了记录波形的精确。

VR103是记录笔位置极限调节电位器，它接在极限放大电路中，用来调节记录笔的上下极限位置。VR104是阻尼调节电位器，

本机记录笔温度的控制是采用脉冲供电方式来实现的。接通电源后，在IC116的第2脚便输出一个周期为0.85mS，脉冲宽度为0.06mS，幅度约为+12V的脉冲电压给记录笔予热。当启动记录后，IC116的控制端第4脚上加上+5V的高电平，使供电脉冲频率增高，周期缩短为0.5mS，以提高记录笔的温度。

VR105是笔温调节电位器。调节VR105就改变了IC116第5脚上的控制电压。IC116第5脚上电压的改变会导致其输出端第2脚所输出的供电脉冲宽度(周期不变)的改变，从而改变了记录笔的温度。第5脚上的电压变高，供电脉冲变窄，笔温降低；反之，供电脉冲变宽，笔温升高。第5脚的电压一般调整在4~5V。

VR102(增益调节)、VR103(极限调节)、VR105(笔温调节)、VR104(阻尼调节)四个电位器均安装在笔马达的旁边，使调整工件非常方便。

## 第四节、SB—613D型交流充电/供电电路原理分析

SB—613D型交流充电/供电电路原理图。在前置放大电路图的左下角。

它主要由桥式全波整流器，稳压集成块和串联型稳压电源组成。

D801是桥式整流器件。内有4只二极管接成桥式整流器。当工作/充电开关置于工作时，IC801稳压得到+12V的电压，然后经二极管D802送到主机电路。D802的作用是防止电池反向放电。而当工作/充电开关置于充电时，整流后的电压则加到串联型稳压电路，以便取得稳定的+14.5V的充电电压。

Q801、Q802、Q804、D804等组成串联型稳压电路，R806、R808和VR807组成取样分压器。由VR807上取样后送到Q804基极的电压决定了稳压输出的大小。调整VR807，即可改变稳压输出。

R804和Q803组成充电过流保护电路。当充电电流大于200mA时，Q803开始导通，Q801、Q802的基极电流被旁路掉一部分，Q801集电极与发射极间的压降升高，从而使稳压输出下降，使充电电流限制在200mA以下。

R809是热敏电阻，装在接近蓄电池盒的部位。当蓄电池因过充电温度上升时，热敏电阻阻值变小，导致取样电压的升高，Q804集电极与发射极之间的压降减小，从而使稳压输出降低，进一步减小充电电流。

D803的作用同D802一样，是为防止电池反向放电。

S803、S804是保护开关。为了防止在不安装主机时因电源插座意外短路而损坏SB—613D。当SB—613D上的白色按钮被按下时，电源插座上才有电压输出。因此，当测试电源插座上的压电时，一定要按下白色按钮。这组开关用久损坏或接触不良时，可用导线将它短路。

### 第五节、几项主要参数的调整

#### (一)、+8V隔离电压（即浮地电压）的调整

1. 接好电源并接通电源开关。
2. 将数字式电压表的正负测试端分别接在+8V与浮地之间。（应注意的，这里所指的浮地是指带 $\downarrow$ 符号的浮地，在前置放大电路板上放电管的一端接浮地）。
3. 调整前置放大电路板上VR302，使电压表上的读数为+8V。

#### (二)、迹线零位调节（调整OFFSET）

1. 接通电源。将AUTO/MANU（即自动/手动开关）置于MANU（手动）状态。
2. 启动START开关。
3. 转换灵敏度开关2/1至1再至2，并反复转换，观察记录迹线是否随灵敏度转换而偏移。
4. 如有偏移，可调整前置放大电路板上的VR301，使得当转换灵敏度时，迹线不会发生任何偏移，此时调整完毕。

#### (三)、充电电压的调整

1. 将SB—613D交流供电/充电器的低盖打开。
2. 将电压表接在D803的阴极与地线之间。
3. 调整VR807，使电压表的读数为 $14.2V \pm 0.2V$ 。

#### (四)、极限、增益、阻尼、笔温的调节。

这四项参数的调整比较容易，不需要将机器拆卸，只要取下记录笔上的盖板就可见到调整上面四项参数的电位器，可很容易地进行调节。

#### (五)、更换IC308（KT—5改用KT—5A）后灵敏度的校正。







1. 接好导联线，将ECG—CHECKER即心电图机检查仪接到导联线的输入端。并将ECG—CHECKER的功能选择开关置于1mV CAL位置。
2. 开启电源开关，并将量程选至V1~V6任一档。
3. 启动START开关记录1mV标压方波信号。如果正（负）方波幅度不是10mm，调整记录笔上部的GAIN电位器（左数第一个）使1mV标压幅度为10mm，这时机器灵敏度已经校准，然后启动STOP，停止记录。
4. 将心电图机量程重新选择到TEST位置，启动START记录开关，并不断启动1mV标压开关。这时所记录的标压信号幅度如为10mm，说明机器灵敏度和毫伏标压已经校准。

如果所记录的1mV标压幅度不为10mm，则应进行下述调整工作：

5、在前置放大电路板的RX处接上一个500Ω的可调电位器，边启动1mV标压开关，边调整RX电位器，直到所记录的标压幅度为10mm为止。这时mV标压也已校准。

上述调整工作，当更换LC308改变IC型号时，必须进行重新调整。

注意事项：

本仪器有三种接地点。一种非浮地的12V和±8V直流电源的接地点，用符号表示。另两组是经直流/直流变换后为浮地电路供电的接地点。在电路中分别用符号和表示。符号所表示的接地点是±8V和+3V浮地电压的接地点。这一组电压作为前置电路板上的逻辑集成电路供电电压。而符号所表示的地是给键控电路板和控制与主放大电路板上的逻辑集成电路供电电压的接地点，这一组电压为+5V，+5V的接点，电路图上用表示。这些请读者务必注意。

#### 第六节、整机分解及各部名称 (图5)

部件序号	名称
001	电源杆座盖板
002	输出输入(I/O)面板
003	标记笔按钮孔
004	记录笔盖板
005	小改锥
006	标记笔按钮
007	绝缘垫片
100	主机上部面板
200	主机底盘
300	SB—611D型干电池盒
400	RH—600D型折迭式记录纸架
450	RH—611D型卷式记录纸架
500	马达
550	压纸用弹性离合轮
600	SB—613E型蓄电池盒
700	SC—612E型100VAC电源盒
750	SC—612D型200V交流电源盒
A	UT—20031自动键控电路板
B	UT—20033控制与主放大电路板
C	UT—20032浮地前置放大电路板
D	OL—5030型笔马达及电流计
E	TLS—100型热笔
F	UT—20034光敏传感器小电路板

#### 第七节、50HZ交流滤波小电路板的安装方法

将35Hz滤波器改装成50Hz交流干扰滤波器的方法如下：如附录图1、附录图2所示。

1. 取下浮地前置放大电路板 UT—20032。切断线路板P2面（装零件面）上IC301第3脚

**与电路板的连接铜箔：**

2. 去掉 C302、C326、C327、R342；
  3. 将C326短路；
  4. 将C302的电容(0.0033 $\mu$ F)改为0.0068 $\mu$ F；
  5. 互相连接 IC310(HD14053BP)的PIN5和15；
  6. 添加一块小线路板(HUM FILTER)：
    - 6-1. 焊接小线路板的两根镀锡线(支柱线)于前置放大电路板上(焊接位置请看附图1)
    - 6-2. 将小线路板上的导线按下面说明焊接：
- 小线路板：接前置放大器线路板的位置。
- 灰(黄)色线(输出)焊接到 IC310的第 3 脚。
- 白色线(-8V电源)接 IC306的第 7 脚。
- 蓝色线(OV)接 C327的上端(地)。
- 茶色线(输入)接R342的右端。

零件号	零件名称
001	磁盖中开磁盖
002	输出输入(C)面
003	磁盖中开磁盖
004	磁盖中开磁盖
005	小线路板
006	磁盖中开磁盖
007	磁盖中开磁盖
100	主板上开磁盖
200	主板上开磁盖
300	2B-611D 磁盖中开磁盖
400	RH-600D 磁盖中开磁盖
450	RH-611D 磁盖中开磁盖
500	磁盖中开磁盖
550	磁盖中开磁盖
600	2B-612E 磁盖中开磁盖
700	2C-613E 磁盖中开磁盖
750	2C-613D 磁盖中开磁盖
A	UT-40031 磁盖中开磁盖
B	UT-40033 磁盖中开磁盖
C	UT-40032 磁盖中开磁盖
D	Q1-40030 磁盖中开磁盖
E	磁盖中开磁盖
F	磁盖中开磁盖

关于 50Hz 交流磁盖中开磁盖的安装方法

将 2B-611D 磁盖中开磁盖安装在磁盖中开磁盖的背面(即磁盖中开磁盖的背面)。

将 2B-612E 磁盖中开磁盖安装在磁盖中开磁盖的背面(即磁盖中开磁盖的背面)。

将 2C-613E 磁盖中开磁盖安装在磁盖中开磁盖的背面(即磁盖中开磁盖的背面)。

将 2C-613D 磁盖中开磁盖安装在磁盖中开磁盖的背面(即磁盖中开磁盖的背面)。

将 UT-40031 磁盖中开磁盖安装在磁盖中开磁盖的背面(即磁盖中开磁盖的背面)。

将 UT-40033 磁盖中开磁盖安装在磁盖中开磁盖的背面(即磁盖中开磁盖的背面)。

将 UT-40032 磁盖中开磁盖安装在磁盖中开磁盖的背面(即磁盖中开磁盖的背面)。

将 Q1-40030 磁盖中开磁盖安装在磁盖中开磁盖的背面(即磁盖中开磁盖的背面)。

## 第二章 ECG—6511型心电图机原理

ECG—6511型心电图机是日本光电厂继 ECG—6151型心电图机之后,又设计生产的一种便携式单导心电图机。由于它具有抗干扰性能好,操作方便,蓄电池容量较大(2安时),检修方便等优点,所以投放市场以来,较受用户欢迎。

本机与 ECG—6151型心电图机在电路设计上有许多相似之处,因此本文在对电路原理进行分析时,将着重分析本机电路的独特之处。对于相同之处只作一般介绍。

ECG—6511型心电图机整机电路主要由四部分组成:前置放大电路板、键控电路板、主放大器电路板和供电电路板。下面将分析各部的电路原理。主机结构位置如图1所示。整机原理方框如图2所示。

### 第一节、前置放大电路原理分析(UT—20783 PREAmp.图3)

前置放大电路包括:缓冲放大器、导联选择电路、1mv标压产生电路、浮地前置放大电路、光耦合电路、增益调节放大器、交流滤波电路和肌电滤波电路、此外还有灵敏度/滤波选择电路、INST电路、时间常数电路、电极脱落检测电路以及直流/直流转换器、屏蔽驱动器。

缓冲放大器是一种高输入阻抗的电压跟随放大集成块,由ic100~ic102组成。由导联线电极拾取的电信号经平衡电阻(R100~R108)加到缓冲放大器的输入端。二极管D100~D117组成输入保护电路。缓冲放大器的输入阻抗很高,(可达100M $\Omega$ ),因此大大减小了由电极接触电阻的不平衡而引起的失真,而它的输出阻抗又很低,从而解决了电路阻抗的匹配。

ic112B是屏蔽驱动器。其输入端与威尔逊网络的中心点(即信号零点)相接。输出端接在导联线的屏蔽线上。其作用是为了减小导联线与屏蔽线之间的漏电流,以提高电路的输入阻抗。

导联选择电路与ECG—6151型心电图机相同,它由iC103~iC106组成。这是一种模拟开关集成电路。开关的转换是由A、B端和IN端子(即INHIBIT,禁令控制端)的输入编码来实现的。当IN端子为低电平时,开关的转换才有可能,当IN端子为高电平时,开关全部处于阻断状态。iC103担负CAL、I、II、III导的选择。iC104担负对aVR、aVL、aVF、和V1导的选择。iC105选择V2、V3、V4和V5,iC106选择V6。

浮地前置放大电路主要由iC107和iC108组成,iC107是一个差分放大器。由导联选择开关选中的心电信号被送到差分放大器。差分放大器的作用,一是放大ECG信号,二是提高其模抑制此,减小干扰。该级的增益为20倍。

毫伏标压信号产生器由Q100、ZD100、VR100和分压电阻组成。当按下毫伏标压开关时,从键控电路板便送来一个正脉冲。经过pHC101光耦合器后,给Q100的基极加上一个负偏置电压,使Q100导通。+8V的电压通过Q100和R136后加在稳压管的负极,从而得到一个稳定的+6V电压,再经过VR100、R135和R134的分压后,由R134上取得1mv分压通过R133加到差分放大器的同相输入端。放大输出后提供一个正向方波标压信号。



D120、D121和电容C111、C112、组成起搏脉冲补偿电路。当起搏脉冲到来时，由于起搏脉冲幅度超过PN结电压，而使D120和D121瞬时导通给C111、C112充电，从而使起搏脉冲幅度压缩并展宽，以便减小对心电信号的影响。C111和C117相串联是为了变有极性电容为无极性电容。

C113和R146、R147组成时间常数电路，时间常数为3.3秒。

开关晶体管Q101、Q102组成迹线置零电路，亦称INST或RESET电路。当按下RESET开关或转换导联开关时，由键控电路板送来一个负脉冲，通过光耦合器PHC101后给Q101和Q102基极送来一个正偏压脉冲，Q101和Q102瞬间导通，使电容C113对地迅速放电，从而使迹线迅速回到原来的零位。

iC108 a是同相输入的负反馈放大器。心电信号在这里被放大4倍，然后送到光耦合电路。

光耦合电路由iC108b、Q103、Q104和光耦合器PC-02组成。iC108 b和Q103组成光耦合驱动器。它将放大后的心电电压信号转变为电流信号，驱动光耦合器。光耦合器PC-02是一种光电池型的信号耦合器件。其中3、4脚接的是发光二极管。1、2脚所接的是光敏反馈器件。反馈电压信号由第2脚送到iC108 b的反相输入端。这是一种负反馈方式。为了稳定iC108 b的工作点。

Q104和R155组成了光耦合器的过流保护装置。当驱动电流过大时，在R155上的压降达到了一定幅度时( $<0.7\text{V}$ )，Q104便导通，将Q103的基极电流对地短路，从而使流过发光二极管的电流不会超过限度，起到过流保护作用。

PC-02第5、6脚所接的是一个光敏接受器件。它把所接收的心电信号耦合到非浮地放大电路送到直流放大器iC115A的输入端。

iC115 a是一个增益调节放大器。VR102是增益调节电位器。调节VR102可改变前置放大器的总增益，正常情况下，调整VR102，应使1MV标压信号在CRO输出为0.5V。

C116和R517组成高频负反馈网络，其作用是滤除高频干扰信号。由于光的频谱很宽，所以经过光耦合器后的心电信号含有大量的高频干扰成份。经过C116和R157负反馈后，高频干扰信号被滤除干净。

由R160和ZD102组成的稳压电路，是为了给光耦合器的次级光敏器件提供一个稳定的初始电压。VR101是迹线置零调节电位器；调节VR101可改变前置放大器输出的直流电平。在正常情况下应调节VR101使CRO的输出直流电平在无信号时为0V。

灵敏度/滤波选择电路与ECG-6151型心电图机相似，它由iC115b和iC119组成，iC119是一种模拟开关集成电路，它担负对零敏度和滤波ON/OFF的选择。其选通状况由A、B、C、三个输入端的输入编码来决定。输入编码来自键控电路板。

iC115 b和由分压电阻R175、R176、R178及反馈电阻R169等组成的负反馈网络共同组成负反馈放大器，放大灵敏度选择后的心电信号。当灵敏度选择为 $\times 1$ 时，本级的增益为16倍。

R167和C121组成肌电干扰滤波电路，对35HZ的肌电信号衰减-3db。肌电滤波器的工作是由Q105和Q106来控制的。

交流滤波电路iC116a、b和阻容(R161~R166，C118~C120)网络组成交流滤波电路。这是一个有源陷波网络，它对50HZ的交流干扰衰减为原来振幅的1/8。

iC117组成的放大器是当在CRO输出扞口引出信号时才起放大作用的。它是一个同相输