

手机各电路工作原理及故障检修

—— 射频电路篇

生产技术部 黄建东

2010-6-12



本次培训内容:

手机各级电路原理及故障检修

1, 基带电路

发话电路、受话电路、蜂鸣电路、耳机电路、背光电路、马达电路、按键电路、充电电路、开关机电路、摄像电路、蓝牙电路、FM电路、显示电路、SIM卡电路、TF卡电路

2, 射频电路

接收电路、发射电路

一、手机通用的接收与发射流程

天线：ANT

声表面滤波器：SAWfilter

低噪声放大器：LNA

功放：PA

手机通用的接收与发射流程

1、信号接收流程：

天线接收——天线匹配电路——双工器——滤波（声表面滤波器SAWfilter）——放大（低噪声放大器LNA）——RX_VCO混频（混频器Mixer）——放大（可编程增益放大器PGA）——滤波——IQ解调（IQ调制器）——（进入基带部分）GMSK解调——信道均衡——解密——去交织——语音解码——滤波——DAC——放大——话音输出。

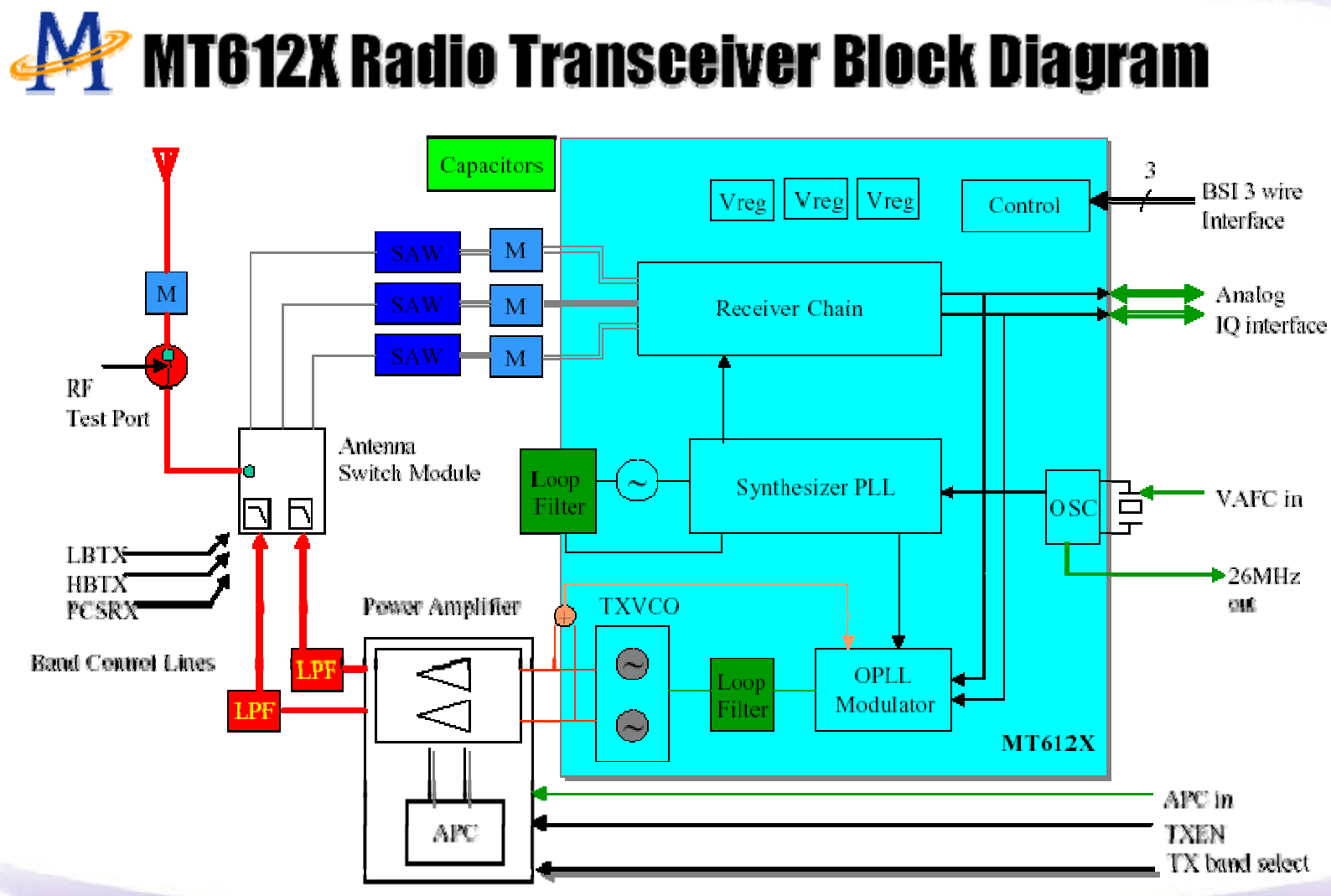
手机通用的接收与发射流程

2、信号发射流程：

话音采集——放大——ADC——滤波——语音编
码——交织——加密——信道均衡——GMSK调制——
（进入射频部分）IQ调制（IQ调制器）——滤波——
鉴相鉴频（鉴相鉴频器）——滤波——TX_VCO混频
（混频器Mixer）——功率放大（PA）——双工器——
天线匹配电路——天线发射。

手机通用的接收与发射流程

3、射频电路原理框图：



二、射频电路的主要元件及工作原理

天线：ANT

声表面滤波器：SAWfilter

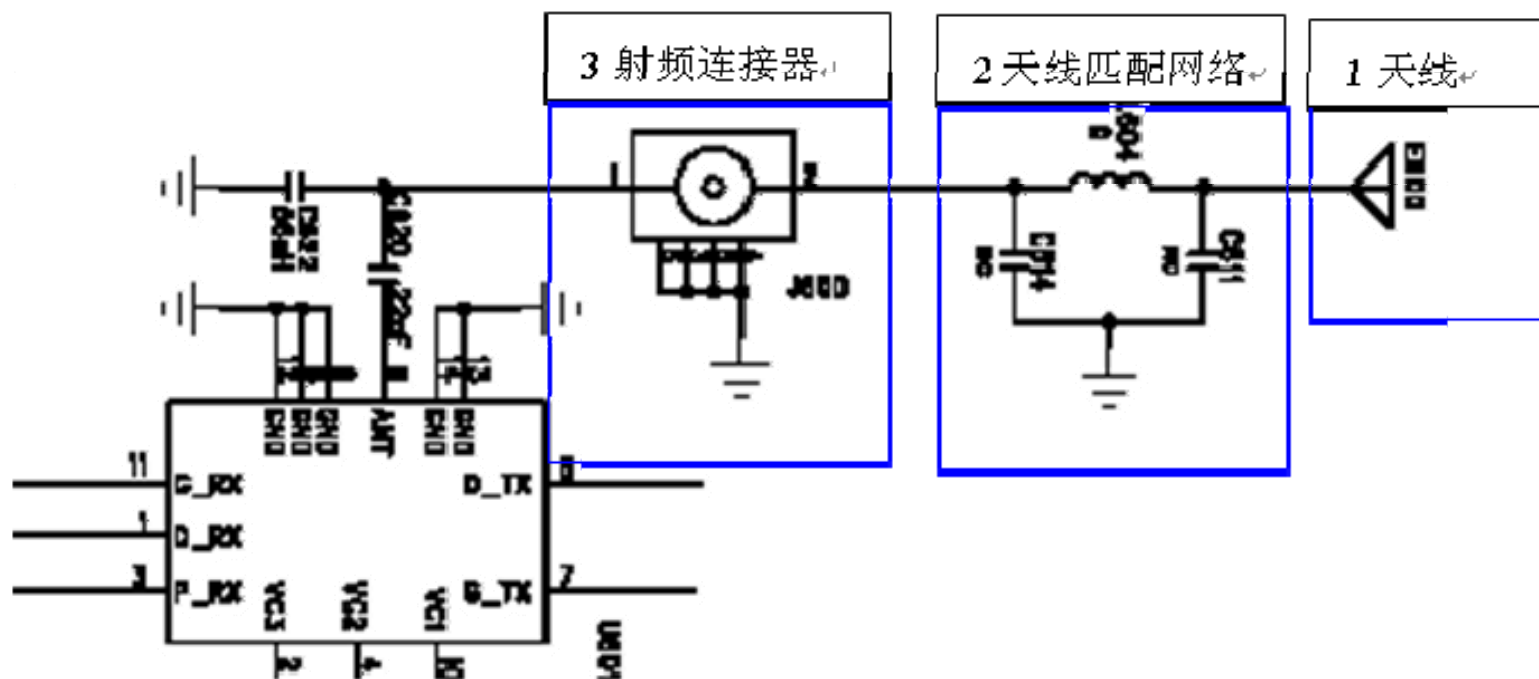
低噪声放大器：LNA

功放：PA

射频电路的主要元件及工作原理

1、天线、匹配网络、射频连接器：

- 天线（**E600**）：作用是将高频电磁波转化为高频信号电流。



射频电路的主要元件及工作原理

- 天线匹配网络（**L604**、**C611**、**C614**）：主要是完成主板与天线之间的功率匹配，以使天线的效率尽可能高。

射频连接器（**J600**）：又叫同轴连接器或射频开关，作用主要是为手机的测试提供端口。其内部是簧片的接触结构，相当于一个机械开关，通常状态下开关处于闭合状态，当射频线探头插入射频连接器时，簧片一端将与主板的天线通路断开，而与射频线探头接触，此时手机与测试仪器之间就通过射频连接器与射频线进行信号的传输。具体结构见图2。

射频电路的主要元件及工作原理

■ Structure

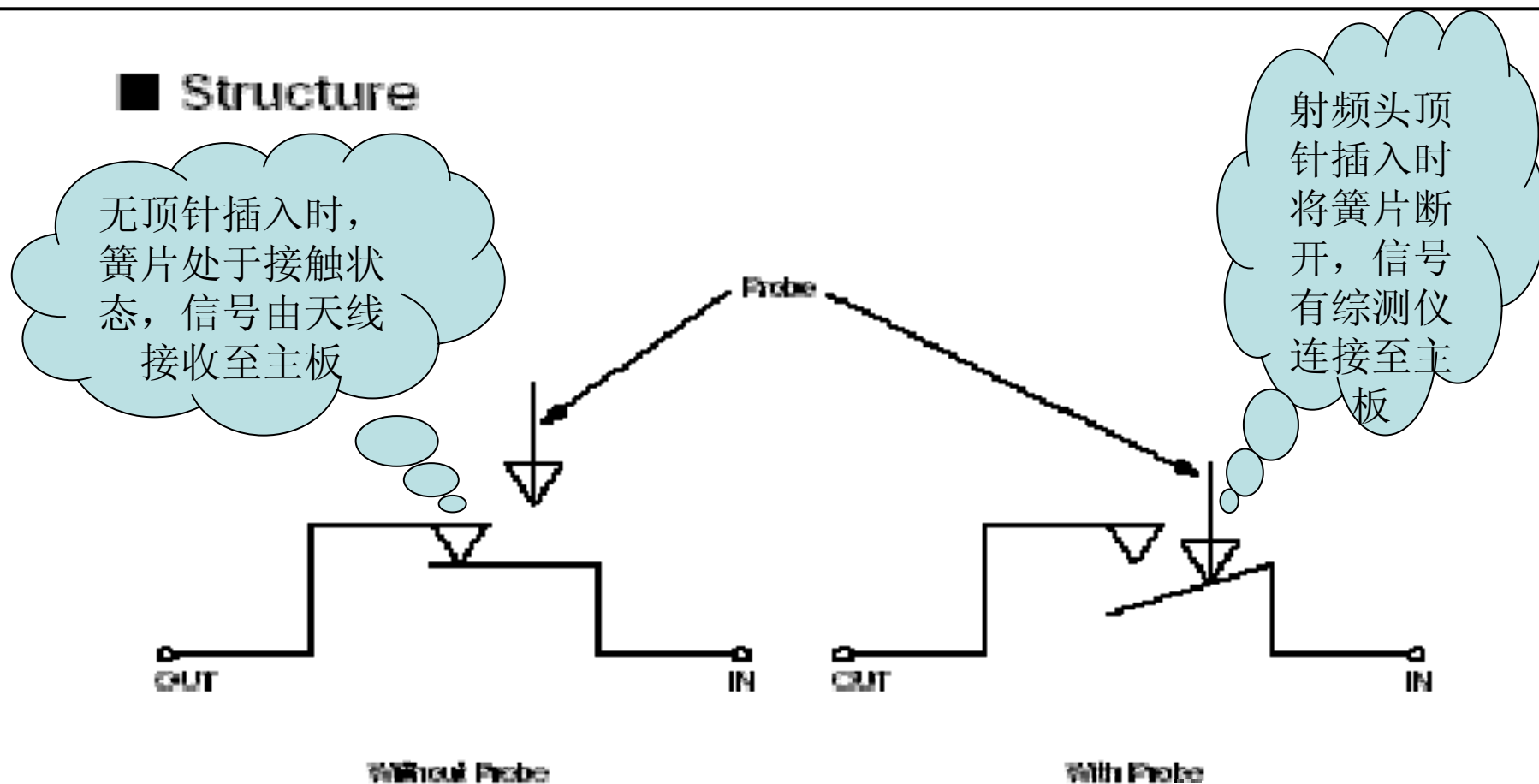


图2:射频连接器内部结构及开关方式

射频电路的主要元件及工作原理

- **2、双工滤波器（U601）：**

双工滤波器是一种无源器件，内部包括发射滤波器和接收滤波器，它们都是带通滤波器。作用是将接收射频信号与发射射频信号分离，以防止强的发射信号对接收机造成影响。由于发射信号总是比接收信号强，而强信号对弱信号有抑制作用，会使接收电路被强信号阻塞，使接收的弱信号被淹没，引起接收灵敏度下降。所以接收滤波器就是阻止发射信号串入接收电平，当然，也有一并拒收天线接收到的接收频段以外的信号；而发射滤波器则拒绝接收频率段的噪声功率及发射调制信号。

射频电路的主要元件及工作原理

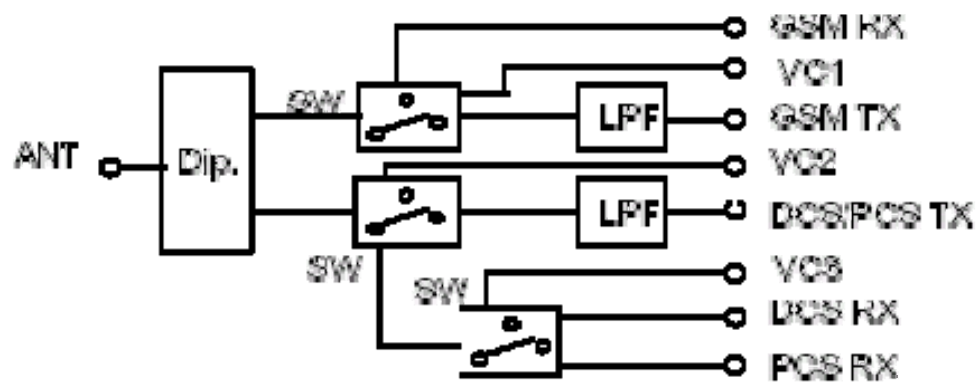
- 器件引脚排列及名称：

PIN LAYOUT

PIN 1	DCS_RX	PIN 8	GND
PIN 2	VC3	PIN 9	ANT
PIN 3	PCS_RX	PIN 10	VC1
PIN 4	VC2	PIN 11	GSM(850/900)_RX
PIN 5	DCS/PCS_TX	PIN 12	GND
PIN 6	GND	PIN 13	GND
PIN 7	GSM(850/900)_TX	PIN 14	GND

表1：器件引脚排列及名称

射频电路的主要元件及工作原理



mode	VC1	VC2	VC3	Current
GSM(850/900)_TX	2.6V	0V	0V	8mA
DCS/PCS_TX	0V	2.6V	0V	8mA
GSM(850/900)_RX	0V	0V	0V	0.01mA
DCS_RX	0V	0V	0V	0.01mA
PCS_RX	0V	0V	2.6V	0.8mA

表2：双工滤波器的开关控制模式

射频电路的主要元件及工作原理

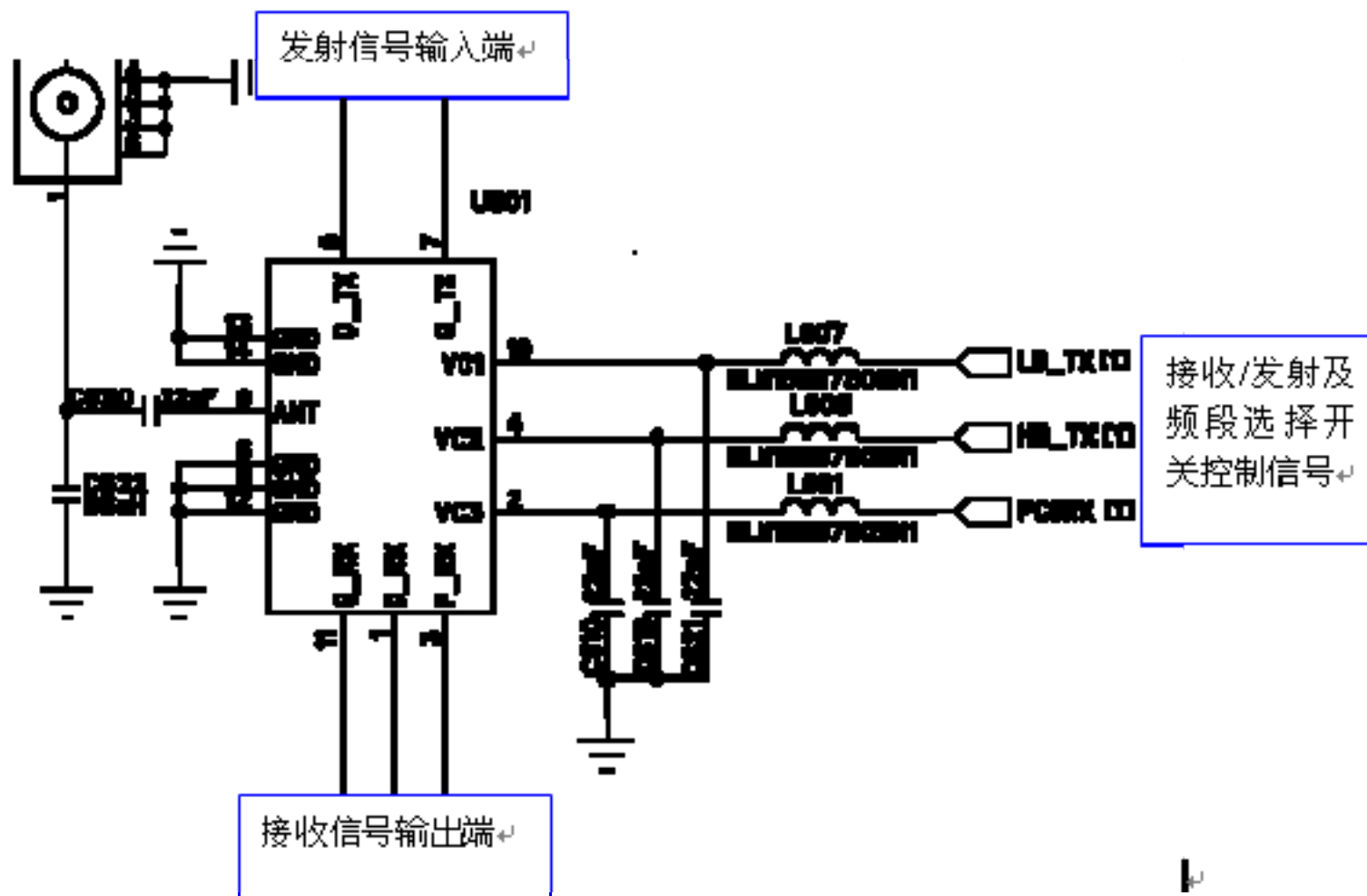


图3：双工滤波器相关电路

射频电路的主要元件及工作原理

- 3、声表面滤波器（**Z600**、**Z602**、**Z603**）：
- 是一个带通滤波器，只允许接收频段的射频信号进入接收机电路，其它频段的信号将会得到抑制。

Pin configuration

1	Input, unbalanced
3, 4	Output, balanced
2, 5	Case ground

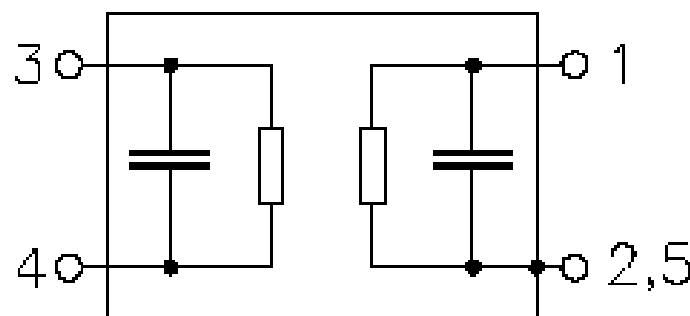
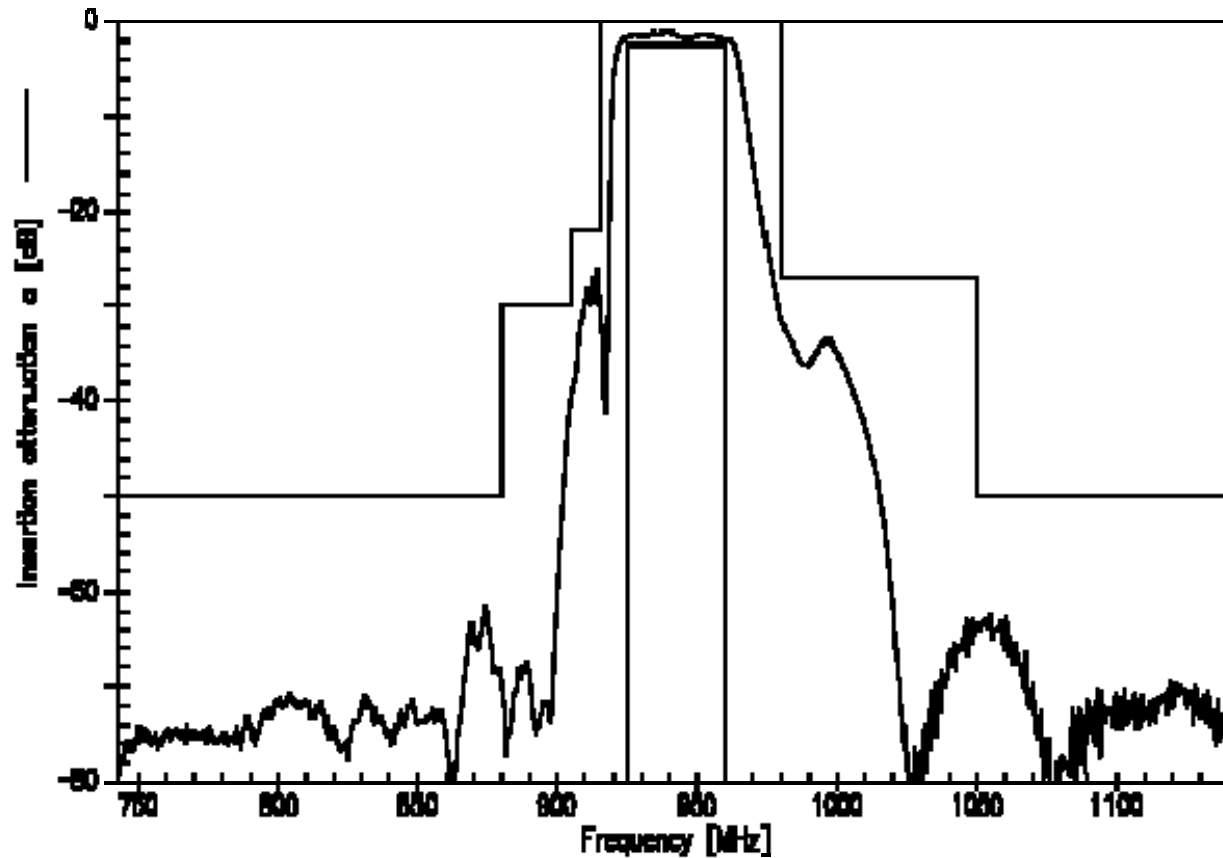


表3：引脚排列及名称

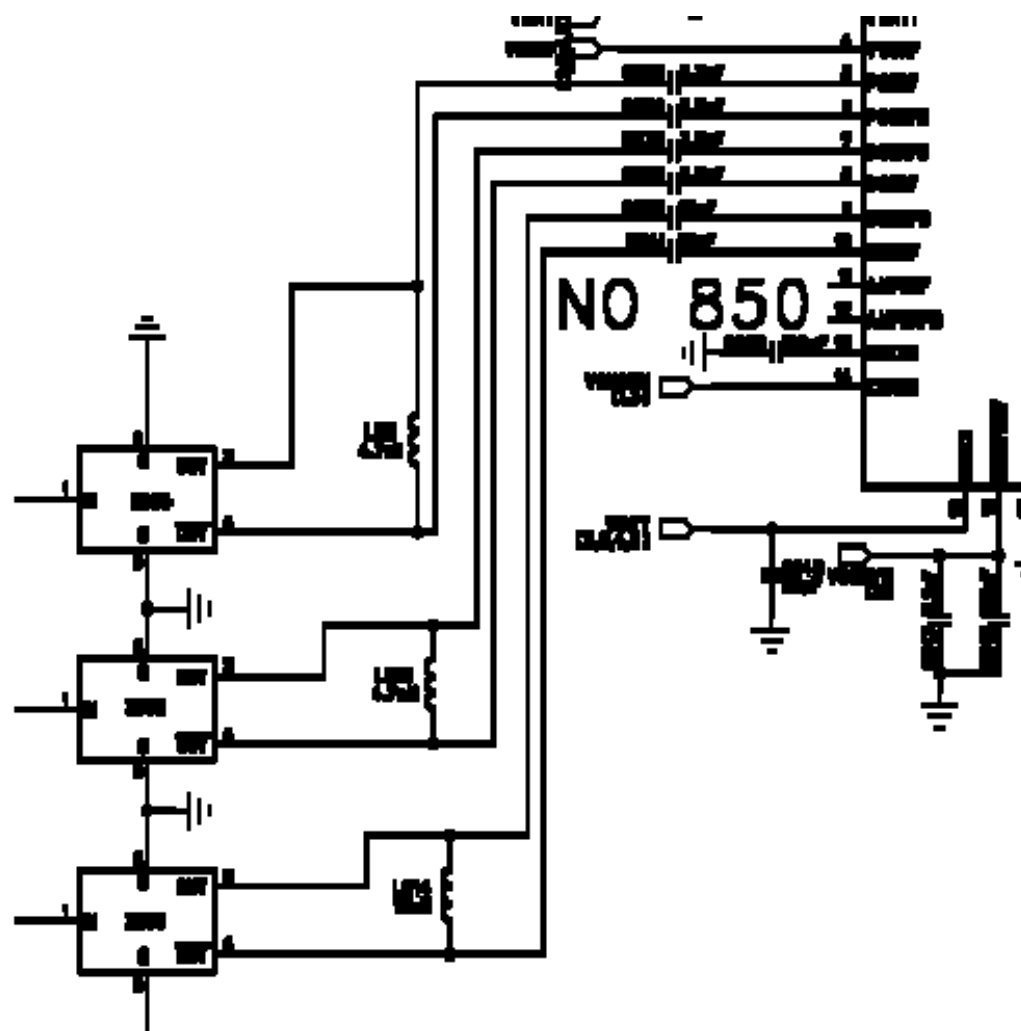
图4：内部结构

射频电路的主要元件及工作原理



频率传输特性

射频电路的主要元件及工作原理



射频电路的主要元件及工作原理

4、射频收发信机（U602）

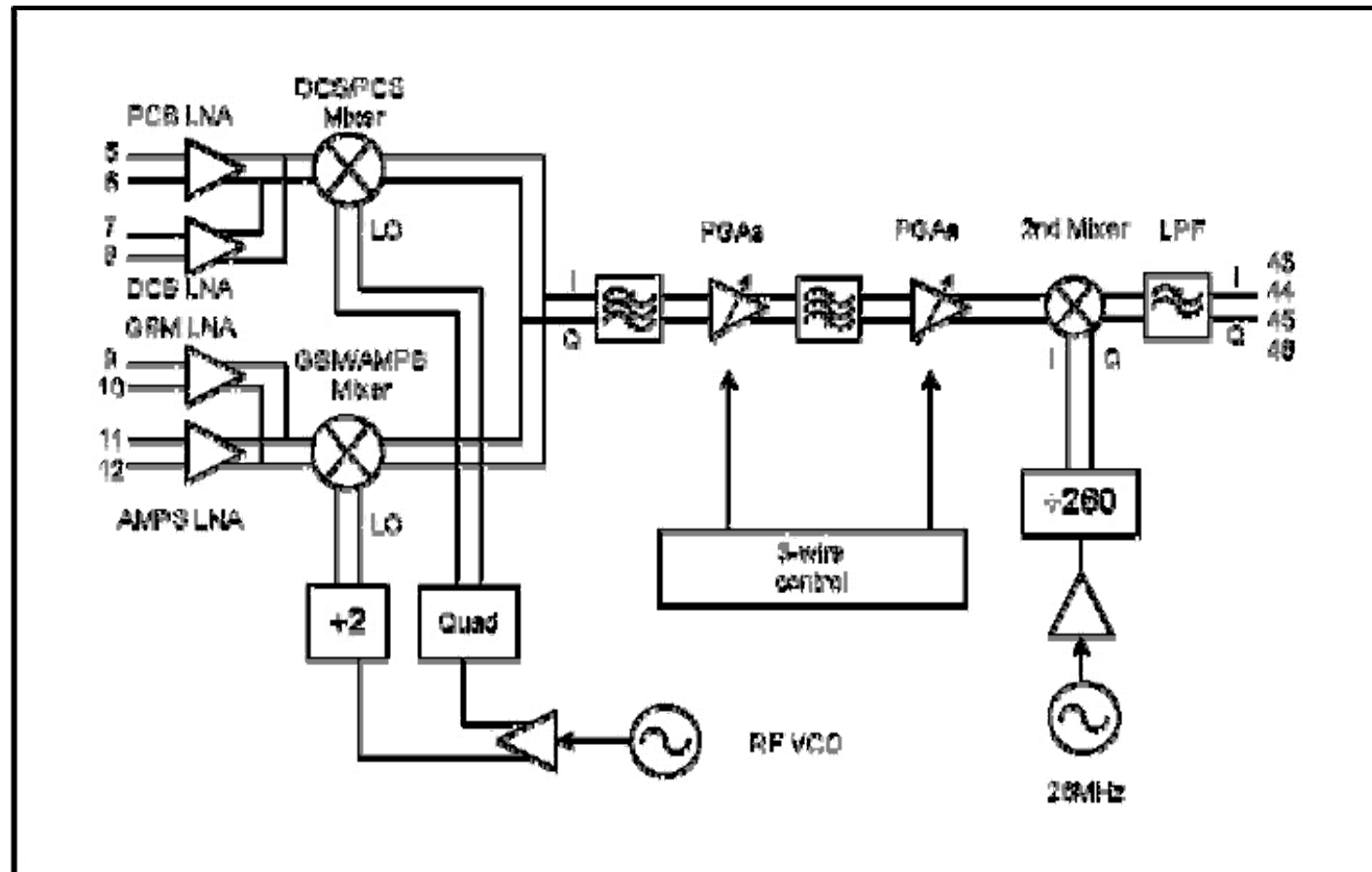
- 射频收发信机是射频电路的核心部件，主要完成射频信号的调整与解调。内部结构主要包括5个方面：
- **1）、接收机（Receiver）**：提供射频信号的下行链路，将射频信号通过放大、解调转变成IQ信号供基带芯片进行处理。
- 接收机主要包括四频段（GSM850、GSM900、DCS1800、PCS1900）差分输入低噪声放大器(LNA)（输入阻抗200欧姆，通过LC网络与SAW FILTER匹配，增益控制动态范围35dB）、2个RF正交混频器、1个集成信道滤波器（滤除干扰、阻塞和镜像）、2个可编程增益放大器（PGA）、正交第2混频器和末级低通滤波器。

射频电路的主要元件及工作原理

- **MT6129**系列采用非常低中频结构（与零中频相比，能够改善阻塞抑制、**AM**抑制、邻道选择性，不需**DC**偏移校正，对**SAW FILTER**共模平衡的要求降低），采用镜像抑制（**35dB**抑制比）混频滤波下变频到**IF**，第**1**中频频率为：**GSM 200KHZ**，**DCS/PCS 100KHZ**。第**1IF**信号通过镜像抑制滤波器和**PGA**（每步**2dB**共**78dB**动态范围）进行滤波放大，经第**2**混频器下变频到基带**IQ**信号，频率为**67.708KHz**。

射频电路的主要元件及工作原理

Receiver – Very Low IF Architecture



射频电路的主要元件及工作原理

- **低噪声放大器(LNA):** 作用是将天线接收到的微弱的射频信号进行放大，以满足混频器对输入信号幅度的需要，提高接收机的信噪比。
- **混频器(MIX):** 是一个频谱搬移电路，它将包含接收信息的射频信号转化为一个固定频率的包含接收信息的中频信号。它是接收机的核心电路。混频电路又叫混频器 (MIX) 是利用半导体器件的非线性特性，将两个或多个信号混合，取其差频或和频，得到所需要的频率信号。在手机电路中，混频器有两个输入信号(一个为输入信号，另一个为本机振荡)，一个输出信号（其输出被称为中频IF）。当混频器的输出为射频信号频率与本振信号之和，且比信号频率高时，所用的混频器被称为上边带变频；

射频电路的主要元件及工作原理

当混频器的输出信号为信号频率与本振信号之差，且比信号频率高时，所用的变频器被称为下边带上变频。

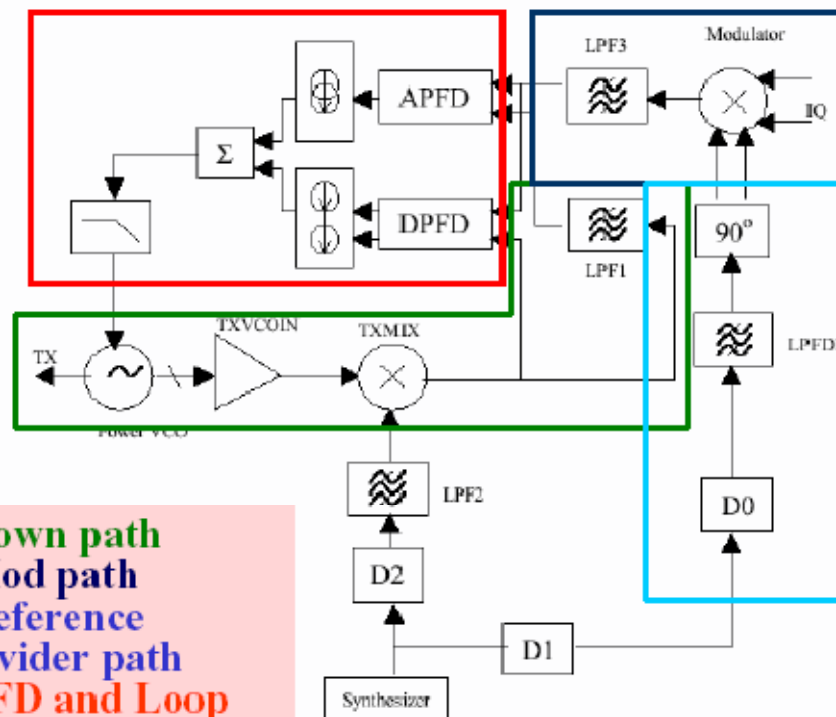
- 在接收机电路中的混频器是下变频器，即混频器输出的信号频率比输入信号频率低；在发射机电路中的混频器通常用于发射上变频，它将发射中频信号与 **UHFVCO(或RXVCO)**信号进行混频，得到最终发射信号。
- 射频振荡器（或本地振荡器，**RFVCO**）：
- 中频滤波器:在电路中只允许中频信号通过，主要用来防止邻近信道的干扰，提高邻近信道的选择性。

射频电路的主要元件及工作原理

- **2）、发射机（Transmitter）：**提供射频信号的上行链路，将IQ基带信号调制成发射射频信号。
- 包含**2个发射压控振荡器（TXVCO）**、缓冲放大器、下变频混频器、正交调制器、带**Charge Pump**和环路滤波器的鉴相器（**PD**），另一路分频器和环路滤波器用于正交调制器与下变频混频器完成产生合适的**TX**调制中频。

射频电路的主要元件及工作原理

M Transmitter Block



- **Down path**
- **Mod path**
- **Reference divider path**
- **PFD and Loop filter**

GSM/DCS/PCS Band

GSM: $D0=+2, D2=+2$

DCS/PCS: $D0=+1, D2=+1$

GSM/DCS/PCS D1 Selection

1. GSM

(1). $D1=+9$: Frequency Resolution=50kHz

$$\frac{LO}{2} - TX = \frac{1}{18} LO \Rightarrow TX = \frac{8}{18} LO \Rightarrow LO = \frac{9}{4} TX$$

(2). $D1=+11$: Frequency Resolution=40kHz

$$\frac{LO}{2} - TX = \frac{1}{22} LO \Rightarrow TX = \frac{10}{22} LO \Rightarrow LO = \frac{11}{5} TX$$

2. DCS/PCS

(1). $D1=+9$: Frequency Resolution=25kHz

$$LO - TX = \frac{1}{9} LO \Rightarrow TX = \frac{8}{9} LO \Rightarrow LO = \frac{9}{8} TX$$

(2). $D1=+11$: Frequency Resolution=20kHz

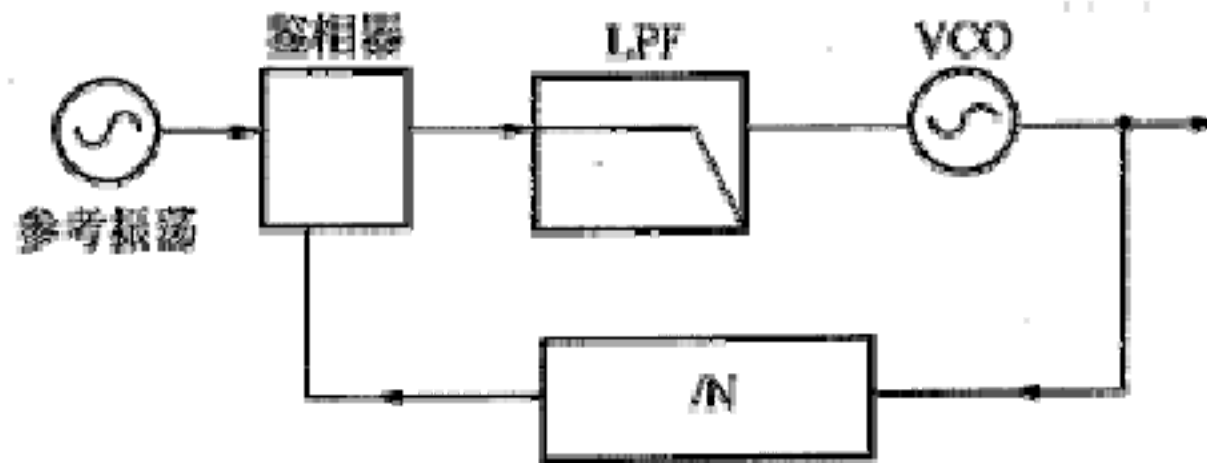
$$LO - TX = \frac{1}{11} LO \Rightarrow TX = \frac{10}{11} LO \Rightarrow LO = \frac{11}{10} TX$$

\Rightarrow All Frequency Resolution=5kHz

\Rightarrow LO Change Frequency can shift 40~50MHz with $D1=+9$ and $D1=+11$ on the same TX

射频电路的主要元件及工作原理

- 3)、频率合成器 (**Frequency Synthesizer**) :
- 将一个或多个基准频率信号变换为另一个或多个所需频率信号的技术称为频率合成, 或频率综合技术。移动电话通常使用的是带锁相环的频率合成器, 原理框图见下:



频率合成器的一般方框图

射频电路的主要元件及工作原理

- **参考振荡器**：在频率合成乃至在整个手机电路中都是很重要的。在手机电路中，特别是**GSM**手机中，这个参考振荡器被称为基准频率时钟电路，它不但给频率合成环路提供参考信号，还给手机的逻辑电路提供信号，如该电路出现故障，手机将不能开机。

射频电路的主要元件及工作原理

- 手机电路中的参考振荡都使用晶体振荡电路。而且，大多数手机中使用的是一个基准频率时钟VCO 组件。在GSM手机中，这个组件输出频率是13 MHz/26MHz，有时它被称为13MHz/26MHz晶体。事实上它是一个VCO 组件，13MHz/26MHz晶体及VCO 电路中的晶体管及变容二极管等器件被封装在一个频率罩内。13MHz/26MHz振荡电路受逻辑电路提供的AFC(自动频率控制)信号控制。由于GSM 手机采用时分多址(TDMA)技术，以不同的时间段(Slot，时隙)来区分用户，故手机与系统保持时间同步就显得非常重要。若手机时钟与系统时钟不同步，则会导致手机入不了网。

射频电路的主要元件及工作原理

- 在GSM 系统中，有一个公共的广播控制信道(BCCH)，它包含频率校正信息与同步信息等。手机一开机，就会在逻辑电路的控制下扫描这个信道，从中获取同步与频率校正信息，如手机系统检测到手机的时钟与系统不同步，手机逻辑电路就会输出AFC 信号。AFC 信号改变13MHz/26MHz 电路中VCO 两端的反偏压，从而使该VCO 电路的输出频率发生变化，进而保证手机与系统同步。

射频电路的主要元件及工作原理

- **鉴相器（PD）**：是英文Phase Detector 的缩写。它是一个相位比较器，是一个相差—电压转换装置，可将VCO 振荡信号的相位变化变换为电压的变化。鉴相器输出的是脉动直流信号，这一脉动直流信号经LPF 滤除高频成分后去控制VCO 电路。
- **低通滤波器（LPF）**：是英文Low Pass Filter 的缩写。低通滤波器又被称为环路滤波器，它是一个RC 电路，位于鉴相器与VCO 电路之间。因鉴相器的输出不仅有控制信号，还有一些高频谐波成分，这些谐波将影响VCO 电路的工作，低通滤波器就是要把这些高频成分滤除。

射频电路的主要元件及工作原理

- 压控振荡器简称（**VCO**）：是英文Voltage Control Oscillator 的缩写。压控振荡器是一个电压—频率转换装置，可将鉴相器**PD** 输出的相差电压信号的变化转化成频率的变化。
- 参考振荡器给频率合成环路提供基准信号，使手机的工作频率与系统保持一致鉴相器是一个相位—电压转换装置，它将信号相位的变化变为电压的变化。显然，这是一个比较器。

射频电路的主要元件及工作原理

- 低通滤波器滤掉鉴相器输出的高频成分，以防止高频谐波对VCO电路的影响。在鉴相器中，参考信号与VCO分频后的信号进行比较。
- VCO 是一个电压—频率转换装置，它将电压的变化(鉴相器输出电压的变化)转化为频率的变化。VCO 输出的信号通常是一路到其他功能电路；另一路回到分频器作取样信号
- **4）、压控振荡器（VCXO）：**同上描述。
- **5）、稳压器（Regulators）：**作为芯片内部的稳压器，将输入电池电压转换成内部电路所需的工作电压。

射频电路的主要元件及工作原理

1.4 MT612X Function Block Diagram

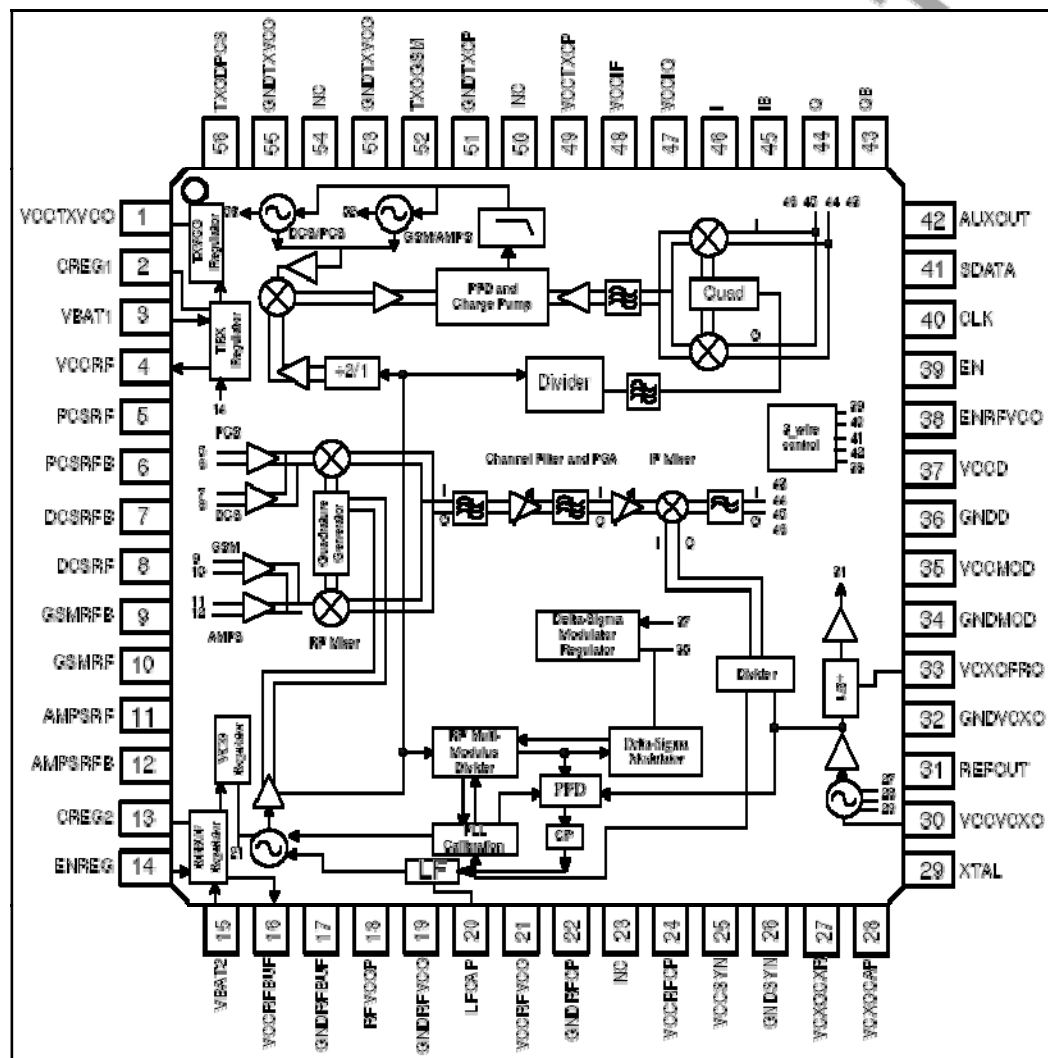
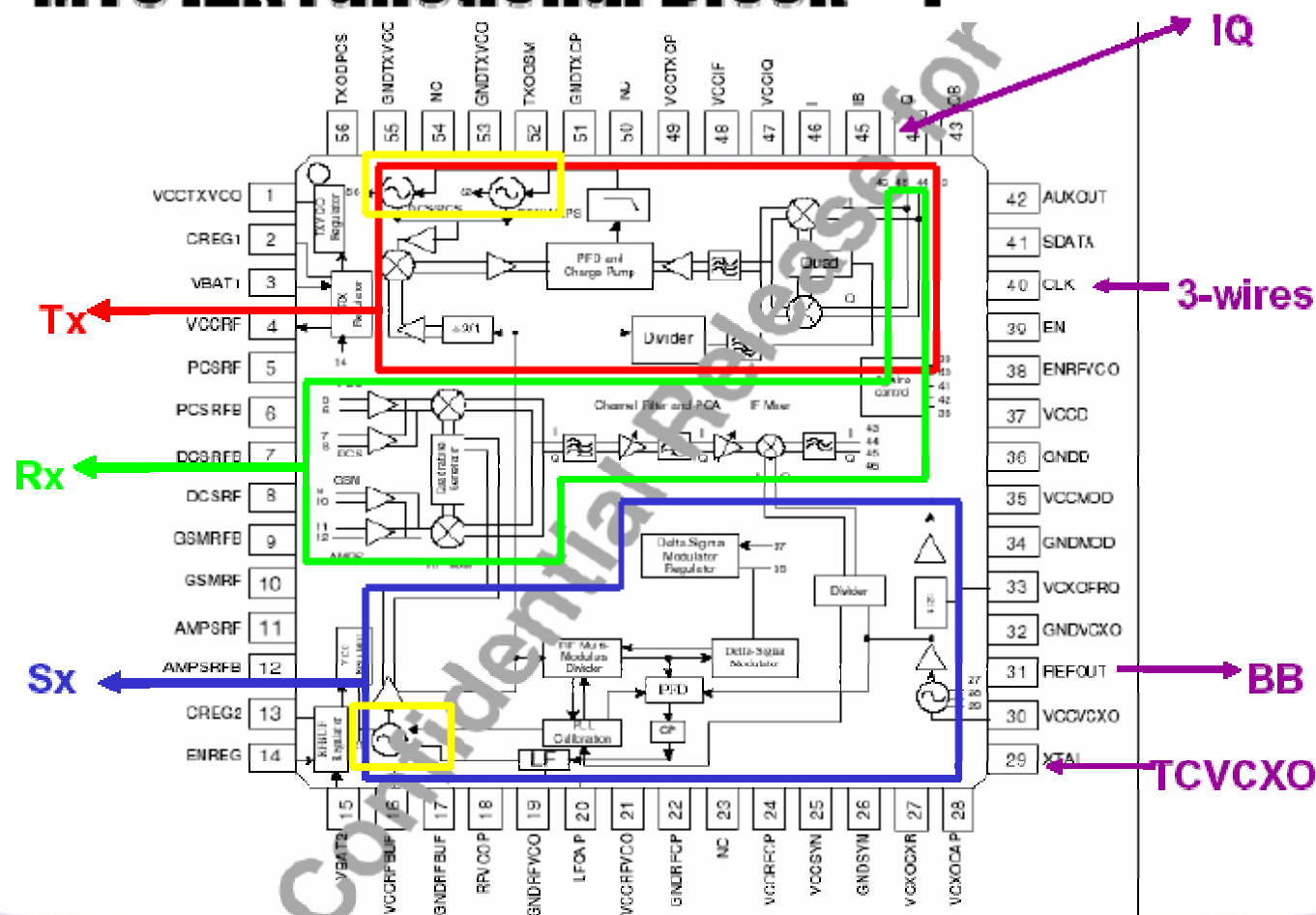


Figure 1 MT612X Function Block Diagram

射频电路的主要元件及工作原理

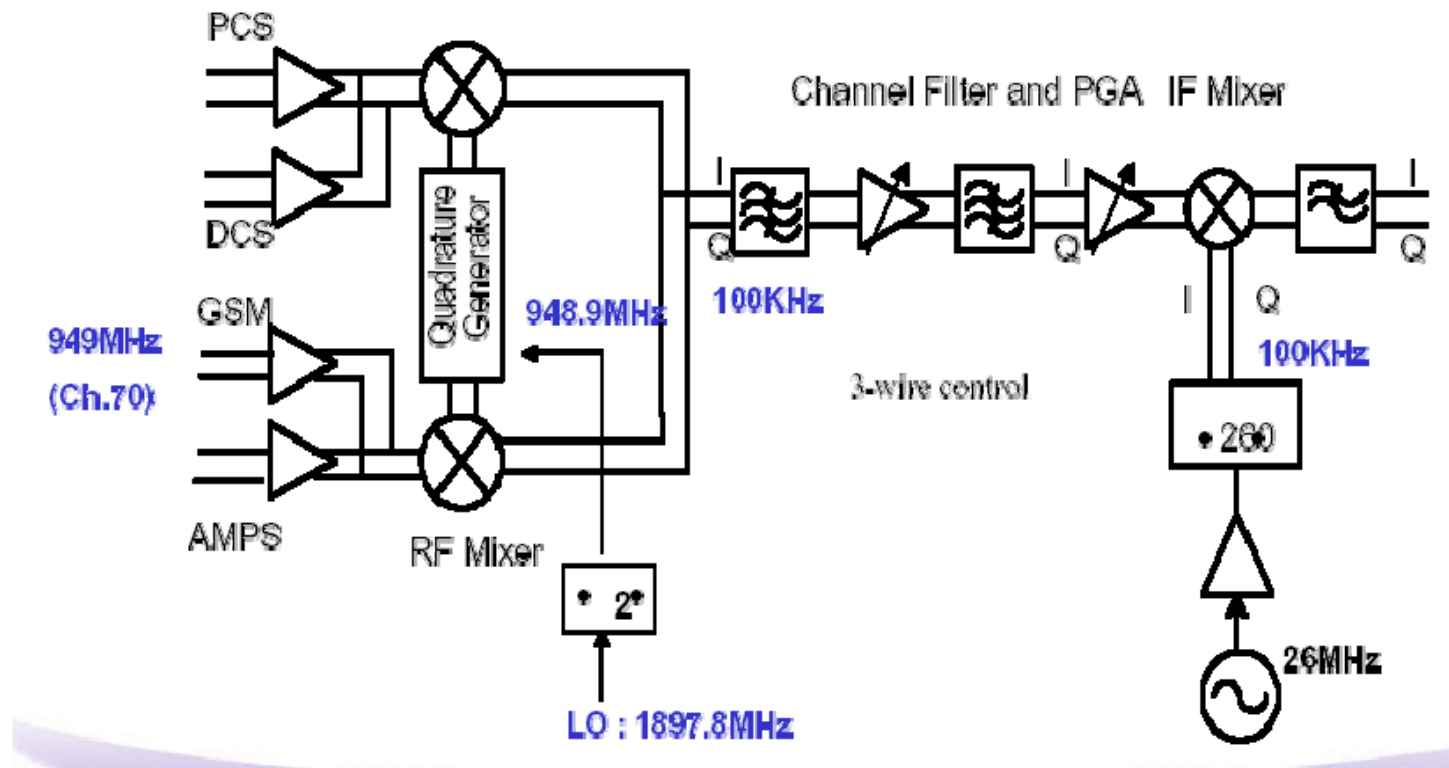
MT612X Functional Block - 1



射频电路的主要元件及工作原理

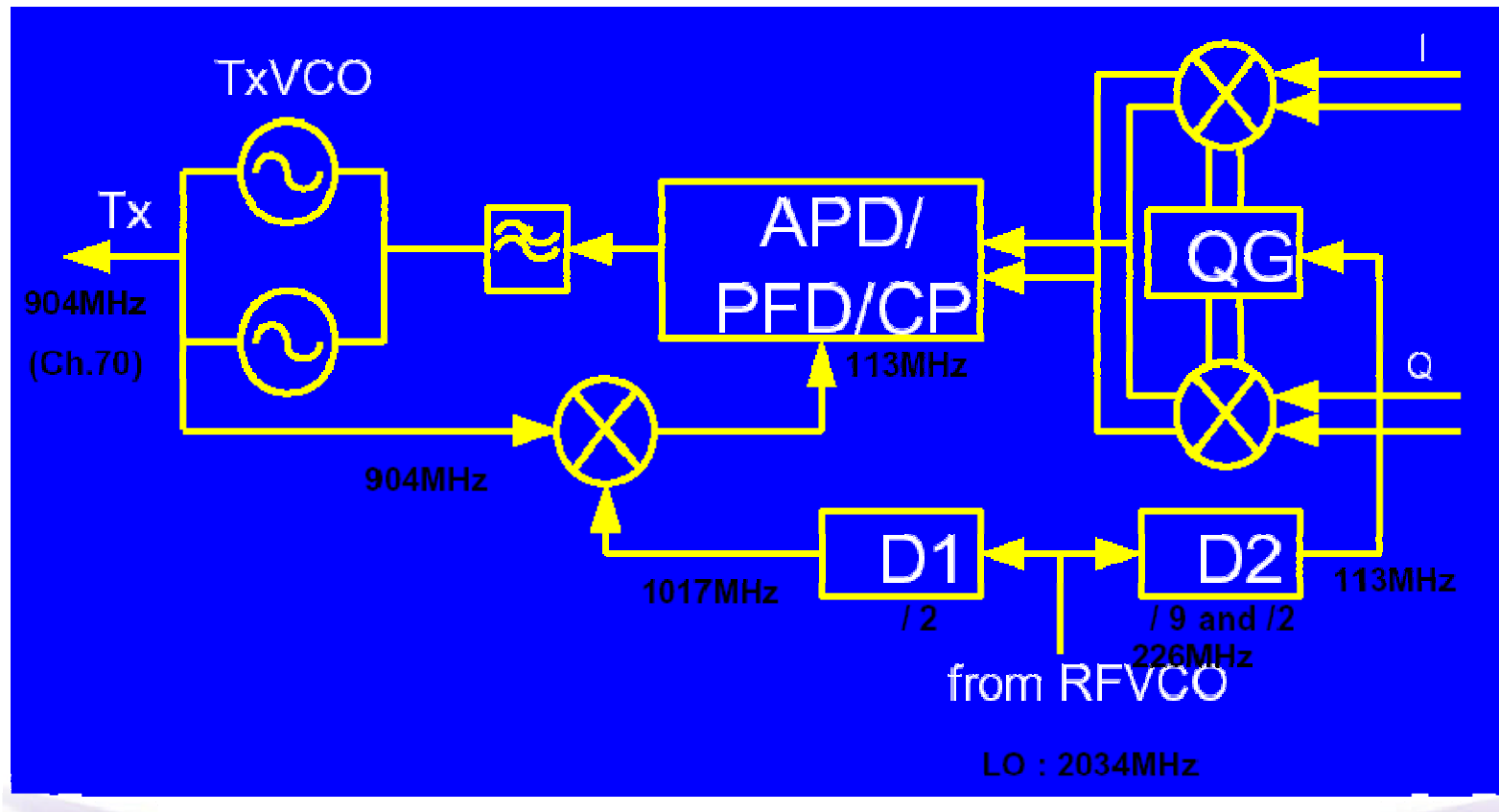
Receiver – GSM Band Example

MT612X Receiver Block Diagram



射频电路的主要元件及工作原理

Transmitter – OPLL Architecture



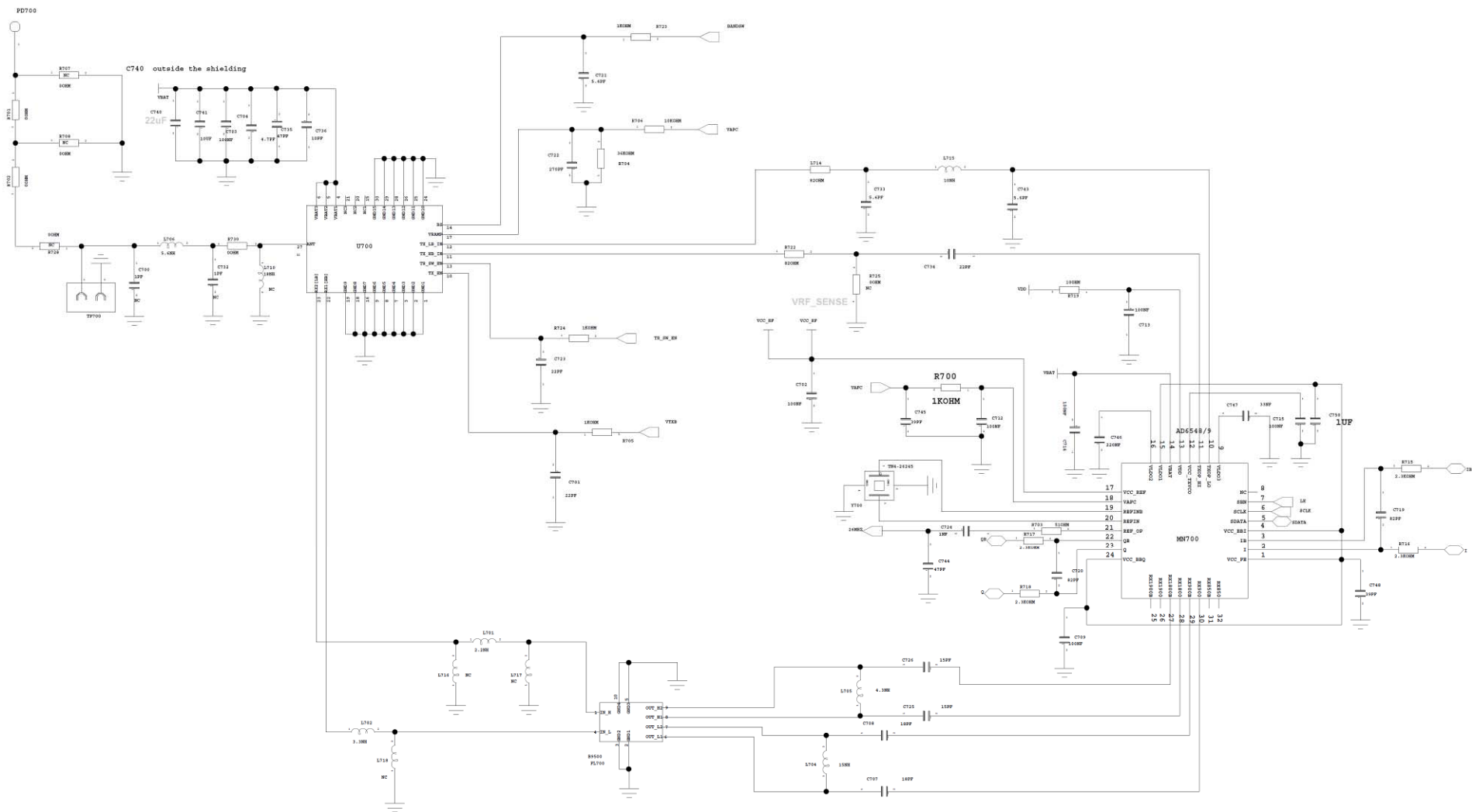
射频电路的主要元件及工作原理

5、功率放大器（U600）

- RF3146是RFMD公司生产的第三代功率放大器(PA)模块，集成了整合功率控制技术的高功率（GSM35dB、DCS与PCS 33dB）、高效率（GSM 60%、DCS/PCS 55%）的射频功放模组，内置方向耦合器、检波二极管、和专用功率控制集成电路（ASIC），适用于GSM850、EGSM900、DCS、PCS频段，输出功率控制范围达到50dB。

三、实际射频电路

U2



四、射频故障维修方法

射频故障维修方法

如果要学会修射频故障，需要掌握以下技能：

1，板测、综测故障代码

我们公司目前所有的测试系统，其故障均会有代码提示，需要知道这些代码表示什么意思。

2，板测、综测等测试系统测量的项目和标准

只有知道这些标准，才能知道故障出现在哪部分电路上。

3，维修软件的使用

有部分故障，需要用到维修软件，控制手机处于发射或接收状态，以便于测量。

五、射频电路维修案例分析

维修案例分析

一、TA项目MTK平台273故障维修思路

板测**P273**，为自动频率控制（**AFC**）失效

AFC故障维修思路：

- 1，故障现象，板测P273，即AFC失败
- 2，相关元件：CPU、中频、功放、26M及射频电路的匹配元件
- 3，基本测量信号：I/Q信号、26M、AFC控制信号等
- 4，AFC板测：

AFC，先由测试平台，控制综测仪处于一个频点，也控制手机处于该频点下，从而手机可与综测仪通讯。

当无法给手机控制处于该频点下时，就会出现AFC（P273）

维修案例分析

5，一般的维修思路是以下

- 1) “CPU——中频——功放——双工——天线开关” 通路，即发射功率异常
- 2) AFC控制电路
- 3) CPU无法控制射频电路，如中频、功放，也可能是调制频谱异常。

维修案例分析

1, U91 P273

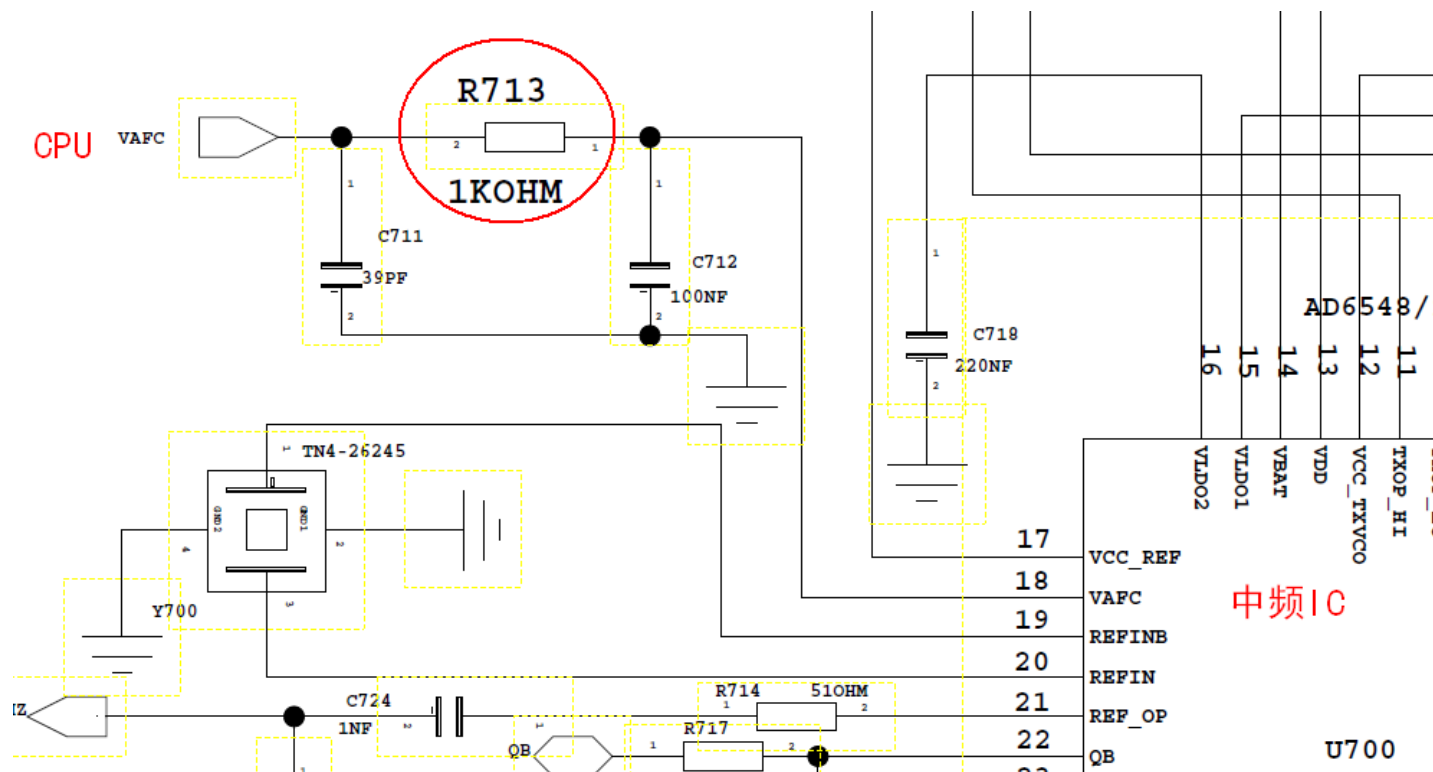
芯片组：MT6223，功放与双工器集成

已维修处理：已更换CPU、FLASH、中频IC、功放、26M及中频周围小元件

维修及分析过程：

- 1) 用维修软件控制主板处于发射状态，看综测仪的发射功率——正常；
- 2) 再将综测仪转到频谱状态，看频谱是否正常——OK；
- 3) 由此可推断应该是AFC电路异常导致，检查AFC电路中的电阻（R713），查对地PN结数值——600，正常；
- 4) 断开R713，再量到中频IC的PN结——正常；量到CPU的PN结——无穷大；
- 5) 怀疑CPU虚焊，加焊CPU——无效；
- 6) 因为CPU已更换，应该不是CPU不良，取掉CPU，量通路——PCB开路

维修案例分析



总结:

AFC维修, 如果量AFC电路中到中频和CPU的控制是否正常, 需要先断开电阻。

维修案例分析

2, 0T-MINI P273

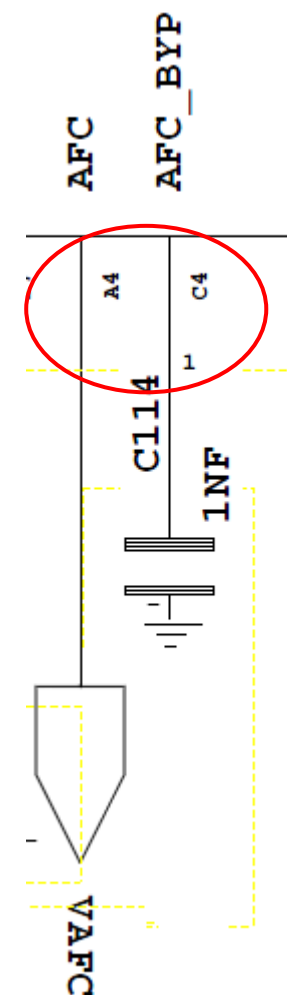
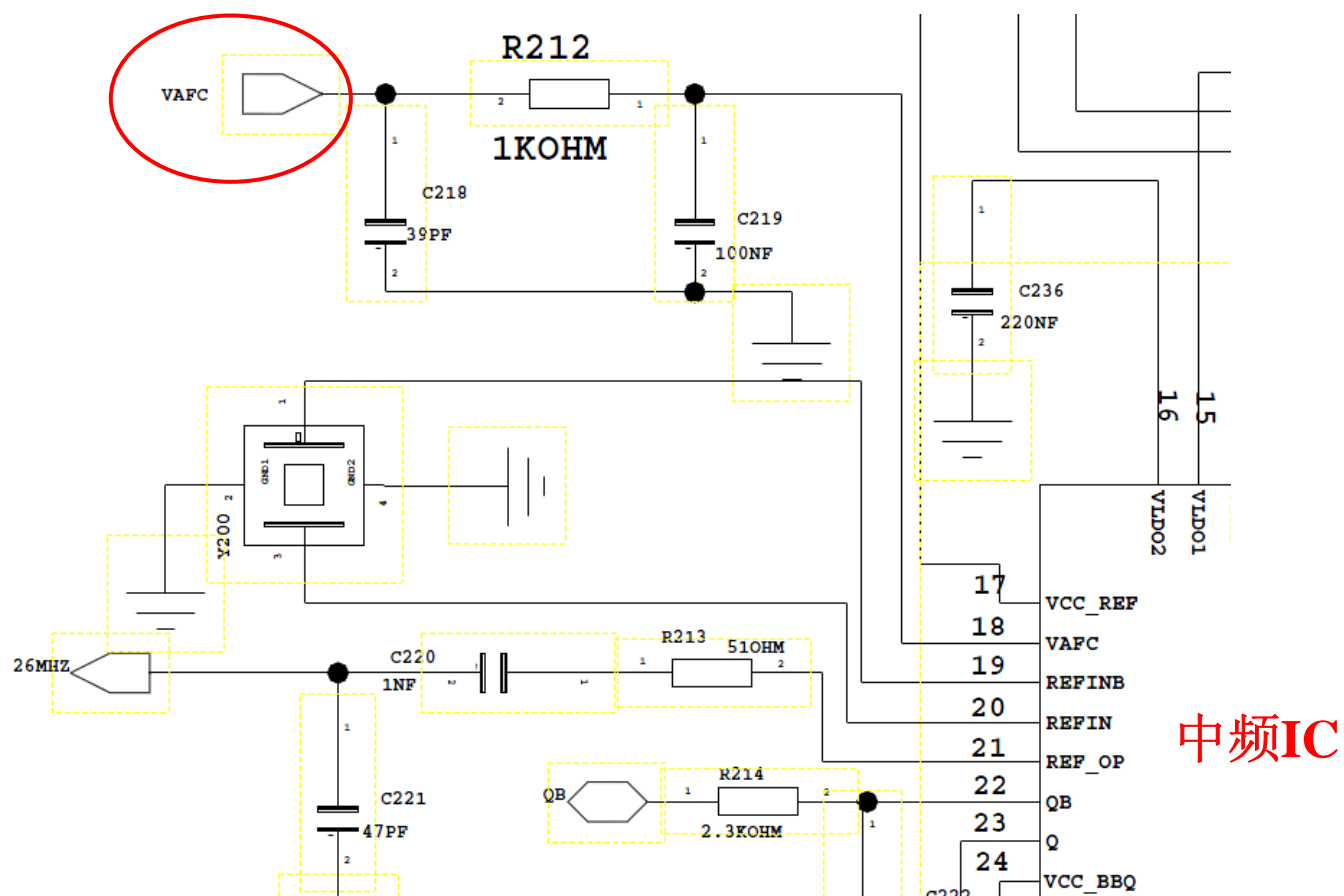
芯片组：MT6225，功放与双工器集成

已维修处理：已更换CPU、FLASH、中频IC、功放、26M及中频周围小元件

维修及分析过程：

- 1) 用维修软件控制主板处于发射状态，看综测仪的发射功率——正常；
- 2) 用示波器量26M波形——OK；
- 3) 用万用表量中频VAFC数值——OK；量VAFC电压——正常；
- 4) 再测量CPU/C4脚数值——异常；
- 5) 量电容C114，发现CPU的C4与A4脚短路。

维修案例分析

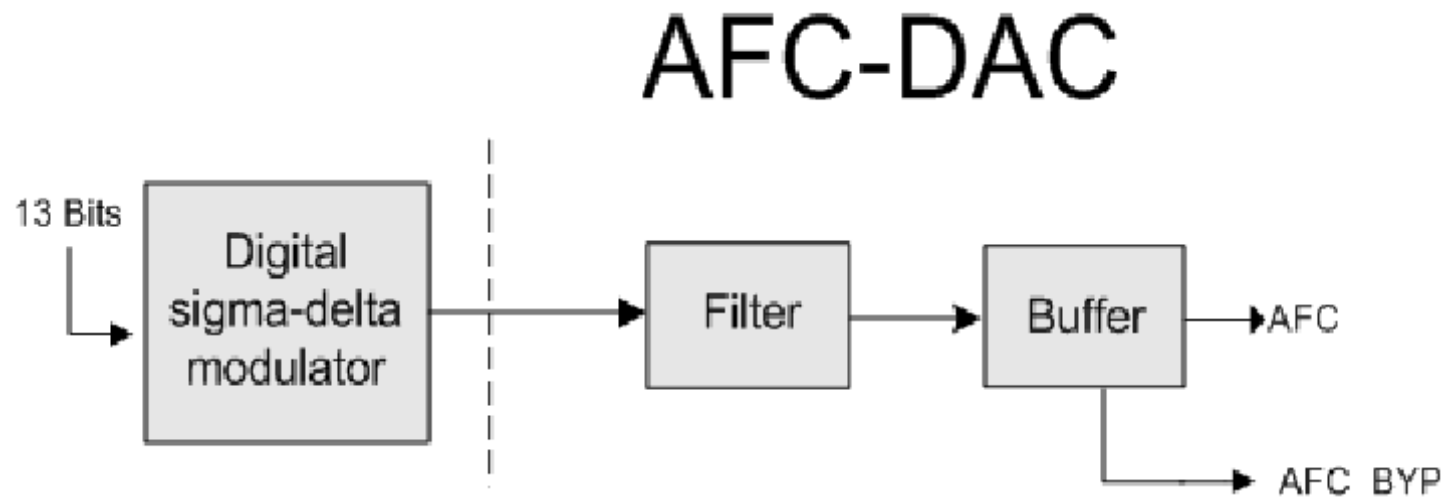


维修案例分析

总结:

C4,AFC_BYP,Automatic frequency control DAC bypass capacitance

该脚是给AFC输出提供参考电压标准用，为了提高输出电压的稳定和滤波，需要加一个较大的电容。



维修案例分析

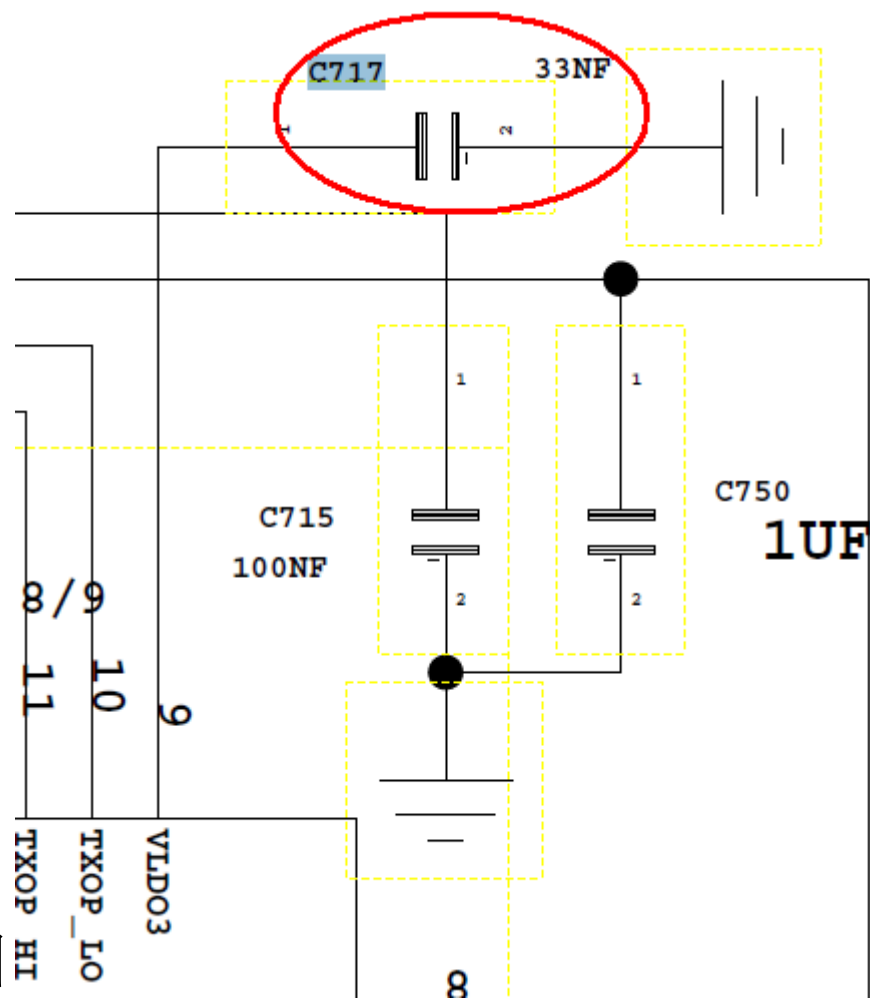
3, U91 P273

芯片组：MT6223，功放与双工器集成

维修及分析过程：

- 1) 用维修软件控制主板处于发射状态，看综测仪的发射功率——正常；
- 2) 再将综测仪转到频谱状态，看频谱是否正常——发现上升沿频谱位置不对；
- 3) 找到原因，但找不到故障元件，只能对电容一个一个对换，最终发现C717异常。

维修案例分析

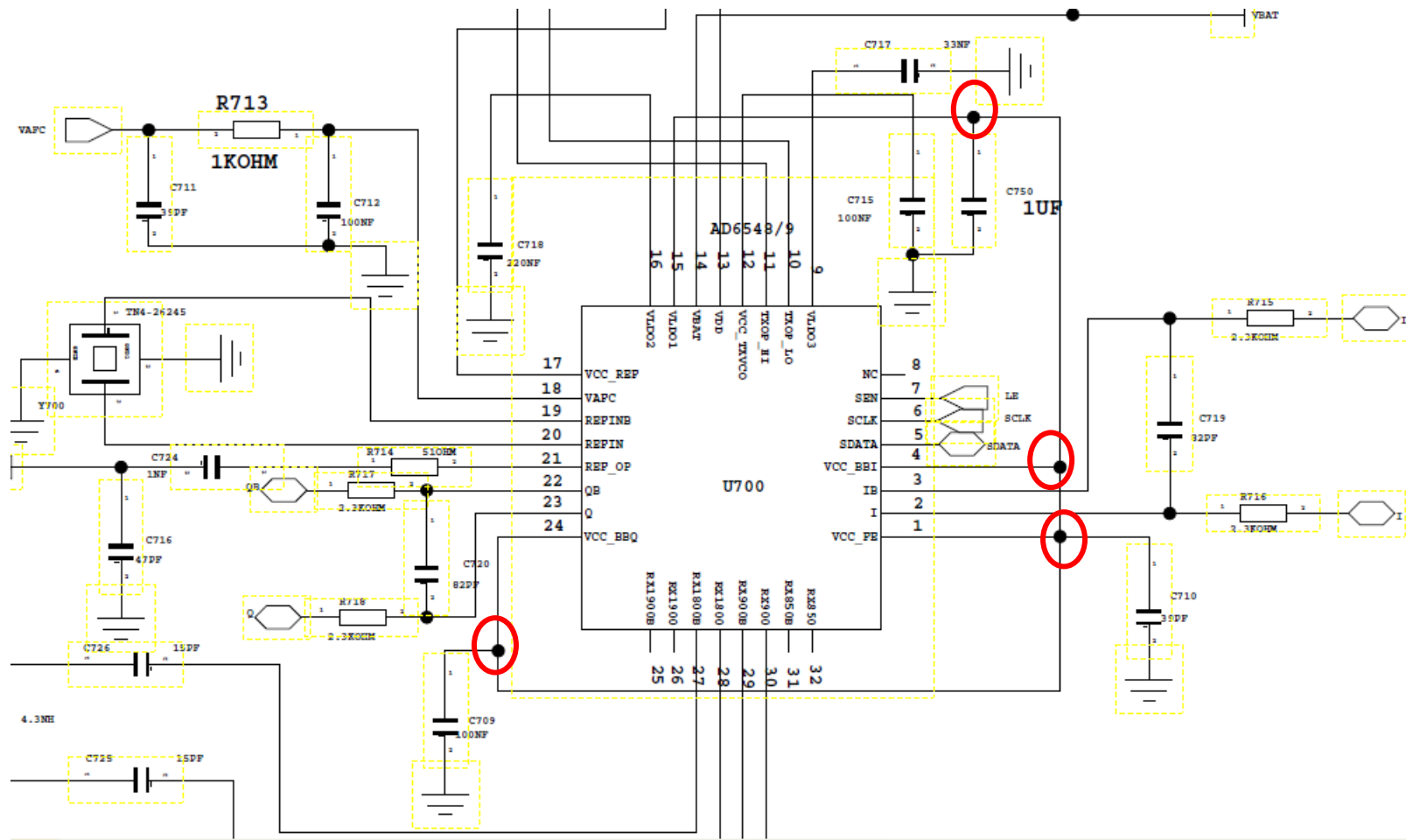


3) 找到原因
换，最终发现C717异常。

容一个一个对

维修案例分析

4) 在维修中，较多的是I/Q信号异常，同时也发现以下点不通会导致AFC。



维修案例分析

二、U90 P028故障分析

技术方案：MTK6223CSA

故障现象：P028（电池温度测试超范围，PT测试范围值：20—40）

维修过程：

这是块多次维修的板子，这机测试到的实际值为7.35，比范围值偏小。故障已确定下来，现在对它展开分析：

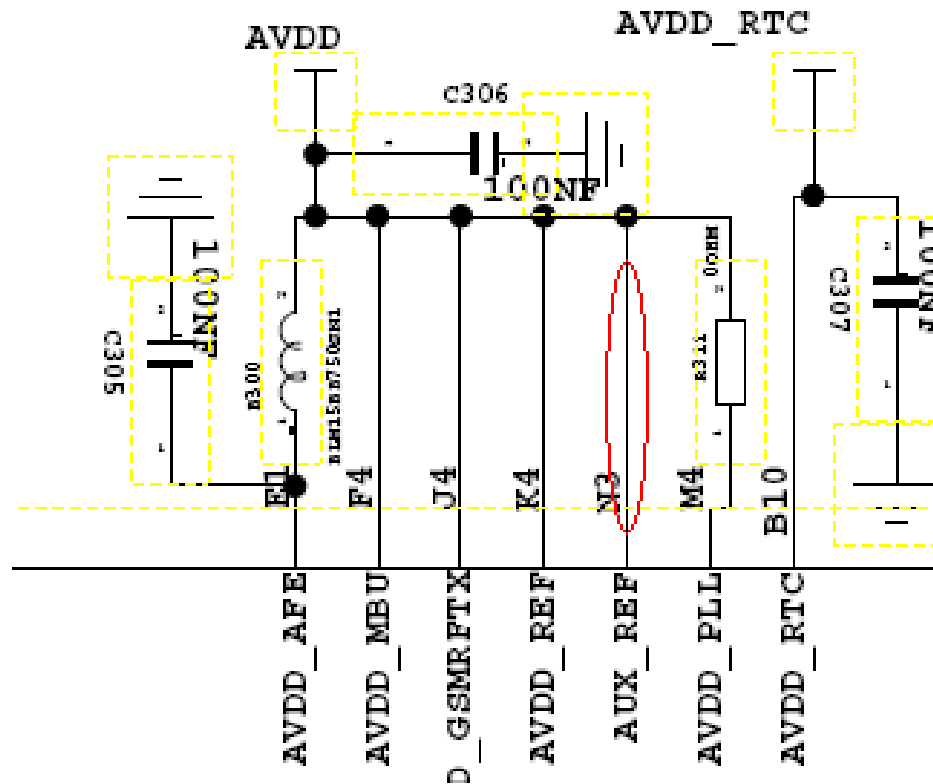
条件一：用测试平台把P028项目屏蔽，结果测出P025充电故障，说明与充电部分有关；

条件二：测量测试点PT301的反向PN值是正常的，测电压是1.75V与正常是2.8V偏小了，由于温度控制电路比较简单，由电阻R130（24K）、R131（1K）和CPU（M2脚ADC0_BATTEMP）组成，测量两电阻阻值是正常的，CPU已经是更换过了不须再换，于是把两电阻更换电压还是1.75V，所以现在确定故障出在CPU这边输出电压低了。

维修案例分析

结论：

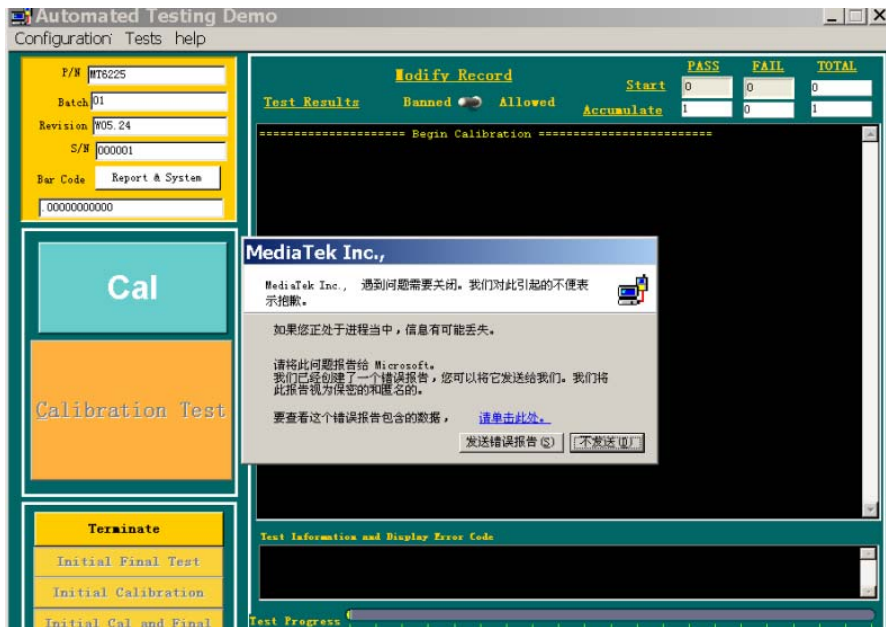
在确定问题出在CPU这边考虑重新更换一个CPU看，结果还是一样；现在只能对CPU工作展开分析，经查看原理图CPU的N3脚AUX_REF是AVDD供给CPU的ADC部分电路的供电脚，测量为AVDD与N3开路来料报废。



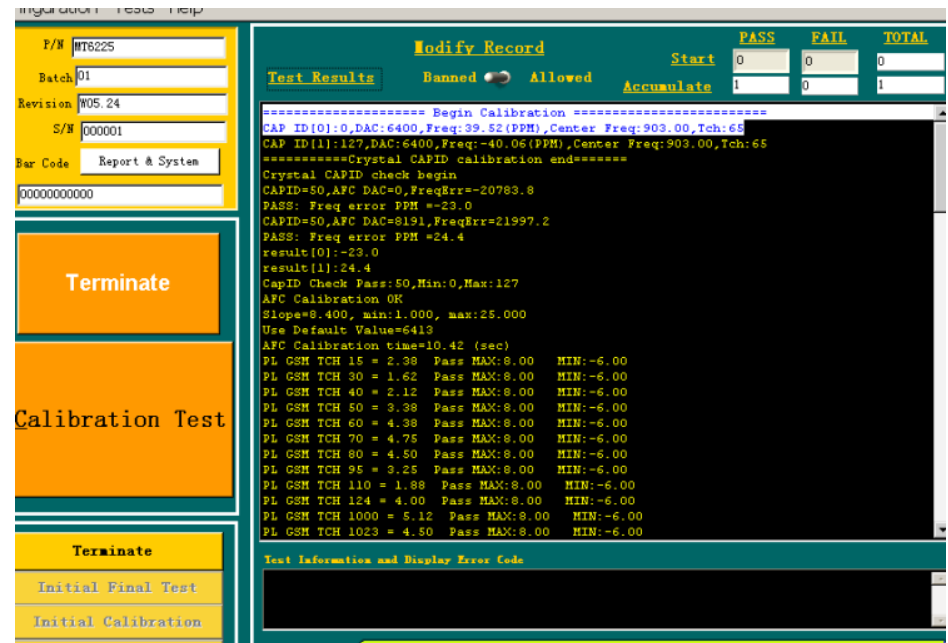
维修案例分析

三、F660板测异常

现故障：板测时死平台



故障机测量如图〈1〉



正常机测试过程如图〈2〉

从测试现象可以看出为手机以于综测仪连接上开始对手机进行测试, 测试的是射频控制部分电路。

维修案例分析

叙述维修思路及过程：

1，手机已开机并与综测仪连接上，说明基带部分基本正常，问题应出在射频通讯部分电路。

2，此板经修理修过更换过CPU及PA，PCB板及电子器件都被吹的变色但还是无果。接到此机本着以往的经验来判断可能还是修理没把PA或CPU焊好。

维修过程：

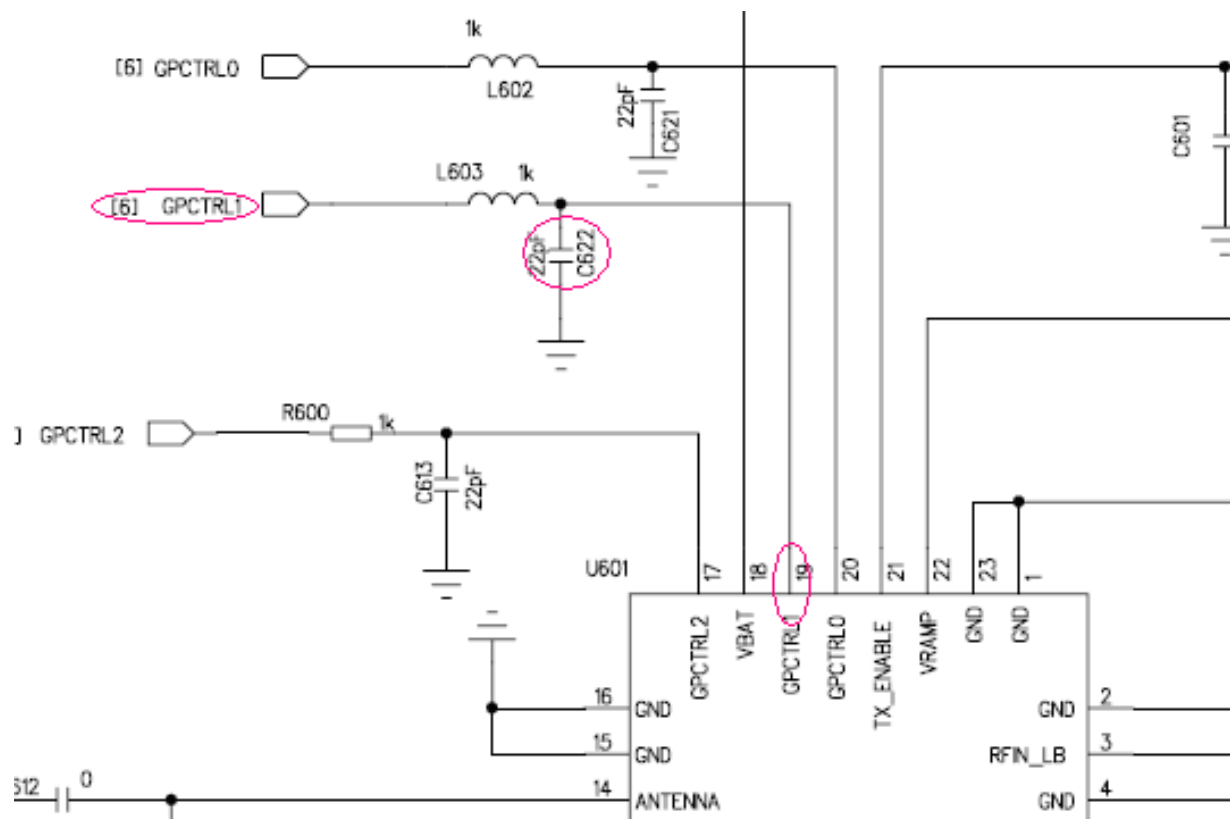
1，拆下PA 发现焊点接触面氧化非常严重，清洗重新渡锡去除氧化层重新焊回——测试故障依旧；

2，拆下CPU 发现底盘同样也是氧化现象，而且底部大面积的地根本就没有焊锡，重新处理氧化层重新焊接上——测试故障依旧；

维修案例分析

- 3, 重焊还是原故障说明不是焊接问题, 也不可能是这两个芯片的问题, 因为MT6253这个芯片很少有不良的;
- 4, 既然是测射频部分是出现死平台, 问题可能是射频电路没工作导致。打开电路图测PA各脚对地R值, 发现19脚为0欧;
- 5, 测电容C622为0欧;
- 6, 拆下测PA19脚正常, 测此电容为0欧, 把此器件清洗干净竟是一电感;
- 7, 换上电容——测试OK故障排除+

维修案例分析



总结：

其实，这部机很简单，为什么把板子都焊的变为黑色还没修出来，一定是没看外观就开杀CPU，导致主板变色。在修机前必须先看外观；再测量找出问题点然后在修。

维修案例分析

四、GF28-1无网络

现故障：无网络

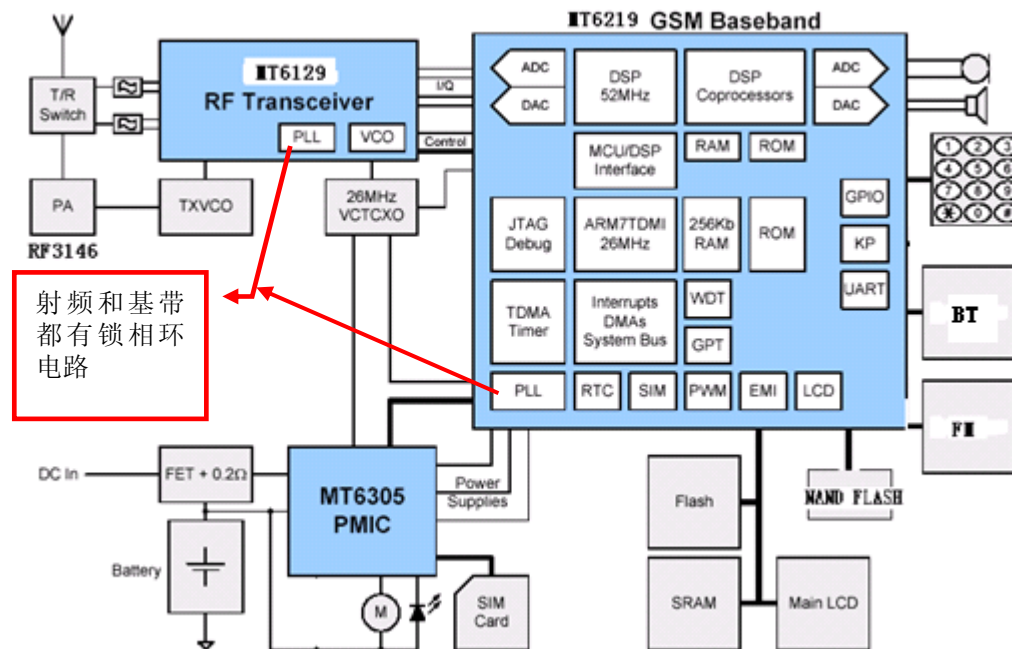
更换及拆除元器件：U600功放RF3166 (3个)

维修及分析过程：

- 1) 首先拿手机插有效SIM卡确认看有无网络，搜索后出现“紧急呼叫”。通过这一点可以看出手机是有接收信号格显示的。问题可能发生在发射电路。
- 2) 根据修理提示，手机是可以过板测校准位的。再次将手机放在校准位进行校准手机是可以过板测校准的。
- 3) 能过板测位而无网络，怀疑软件内的射频参数写入不正确导致？立即对手机进行软件下载，插入有效SIM卡故障依旧。
- 4) 手机能过板测位，用万用表测量射频开关J600到天线处的位置，检查电感和射频开关均无问题。接下来将手机利用META软件结合综测仪4201测试，手机的发射是正常，只是手机的相位均方值和相位峰值相不良。

维修案例分析

- 5) 根据判断的结果，手机的问题很可能出在中频U602身上，更换良品MT6129后再利用META进行测试，故障无起色。
- 6) 引起手机的相位均方值和相位峰值相不良的可能是中频和基带的A/D数模转换电路，既然中频更换无效，然后直接将故障点锁定在CPU身上，更换CPU U100后测试结果手机的相位均方值和相位峰值相均正常。将手机插入有效SIM卡后开机网络正常，拨打“10086”通话正常。从下面的框图中不难看出相位相关联的电路



维修案例分析

总结：

修理无网络机器有时候是要对电路非常清楚才可以很好地对故障点进行判断排除，而不是根据以往的能过板测插卡“紧急呼叫”换功放就解决问题的。

维修案例分析

五、GF28-1无网络

现故障：无网络

更换及拆除元器件：功放U3、中频U602、双工器U601、滤波器z601、z602

维修及分析过程：

- 1) 经维修系统查找此部GF05机器是维修车间维修过的机器从客服前端返回的二次返修机器。结合这一点加上原器件被更换了地方也是特别多，对不良机器进行校准255故障（pass loss校准不过，也就是线路损耗校准不过）
- 2) 万用表测量天线片到C620通路，检查RF开关及电感有没有开路。检查后没有出现开路，如果这部分电路有开路的话校准应该是254（AFC自动频率校准失败）。

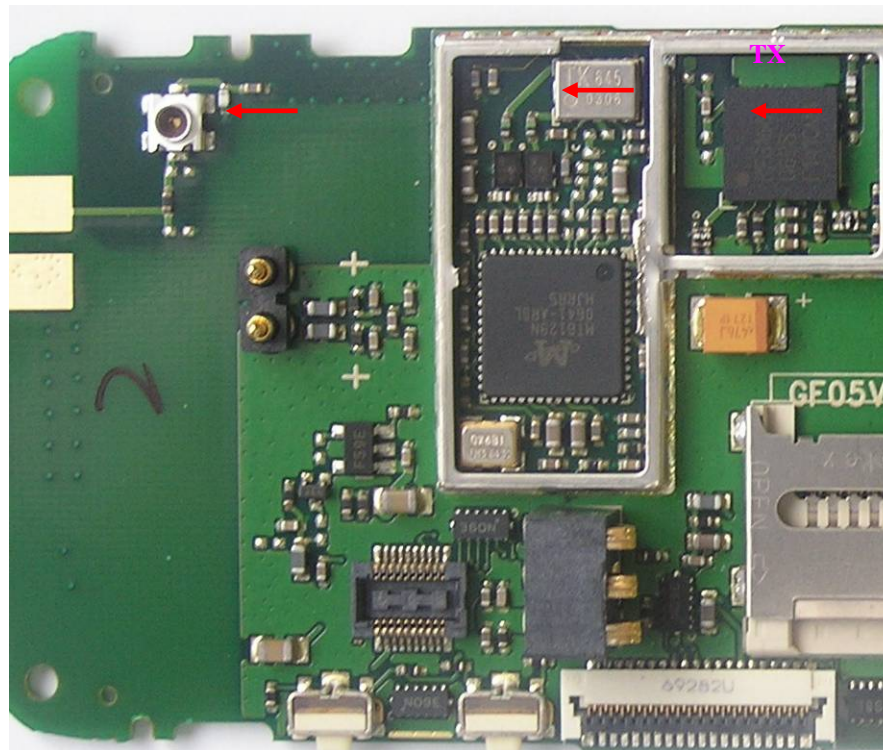
维修案例分析

3) 利用META软件结合4201综测仪测量得出发射电流上不到正常值220mA左右，实际测行的值为170mA，更换功放也是一样。

4201综测仪上的发射值忽有忽无，根据这一特点表现为功放到RF开关电路有问题，因双工器被更换过了的，所以更换一新的双工器再对其测量，发射时电流能达到正常值220mA左右，插入有效SIM卡后显示“中国移动”。拨打10086通话正常。

4) 从下面的图片中不难看出，功放发射后的信号经双工器再送到RF开关，当功放起动后电流偏小且RF开关处又接收不到信号时应检查功放→双工→RF开关通路。4201综测仪测量得出发射电流上不到正常值220mA左右，实际测行的值为170mA，4201综测仪上的发射值忽有忽无则判断为双工器损坏（维修经验）

维修案例分析

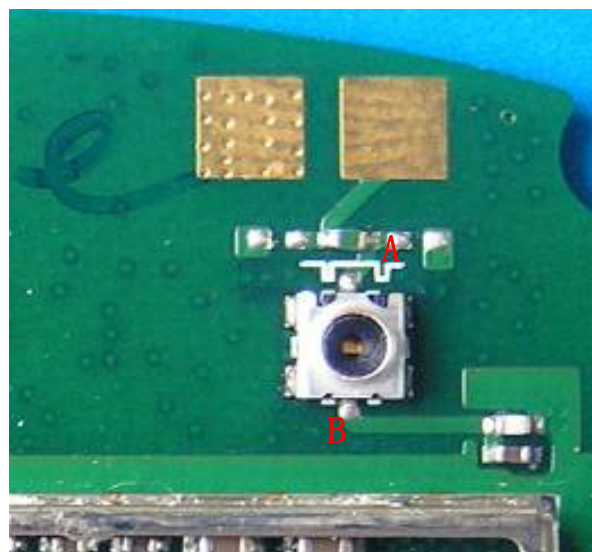


维修案例分析

RF射频开关资料：

该物料是一个开关，只用于生产测试用，当手机在用户手中使用时，对用户是没有意义的。

工作原理：平时是A、B点是连接的，这时对方向没有影响；但当射频头插入，A点与B点断开，射频头中间的针与B点接通，即使手机与天线断开，而与仪器连接。如果射频开关方向装反，手机将无法与仪器连接，仪器反而与天线连接了，必然是无网络。





谢谢!