

低温 SX8138MF 高速宽带差分放大器失效故障分析

Failure Analysis of Low Temperature SX8138MF High Speed Broadband Differential Amplifier

孙爱中 庞燕汝 毛文岩 李嘉明

Aizhong Sun Yanru Pang Wenyan Mao Jiaming Li

中国航空工业集团公司西安航空计算技术研究所 中国·陕西 西安 710065

Aeronautical Computing Technical Research Institute, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

摘要: 在弹载计算机的实验中, SX8138MF 高速宽带差分放大器在温度试验条件下, 性能不稳定, 导致计算机无法正常工作。通过对放大器的失效分析, 确定了其失效的原因。结果表明: 电路由于工艺波动、内部晶体管参数离散, 导致电路存在个体差异, 电源电压裕量相对较低, 在单机低温测试环境下, 抗干扰能力差, 上电瞬间启动单元不能启动, 最终电路工作不正常。元器件二次筛选过程中, 通过增加低温下电源电压为 2.3V 时的功能测试, 以剔除晶体管参数临界抗干扰能力差的器件, 可解决这一问题, 验证试验表明这一措施有效、可行。

Abstract: In the experiment of missile-borne computer, the performance of SX8138MF high-speed broadband differential amplifier is unstable under the condition of temperature test, so the computer cannot work normally. Through the failure analysis of the amplifier, the cause of its failure is determined. The results show that: the circuit due to process fluctuation, internal transistor parameters discrete, resulting in individual differences in the circuit, the power supply voltage margin is relatively low, in the single-machine low-temperature test environment, poor anti-interference ability, power-on instant start unit can not start, the final circuit does not work properly. This problem can be solved by adding the function test when the power supply voltage is 2.3V at low temperature to eliminate the components with poor critical anti-interference ability of transistor parameters during the secondary screening of components. The verification test shows that this measure is effective and feasible.

关键词: 差分放大器; 失效分析; 低温; 电压裕量

Keywords: difference amplifier; failure analysis; low temperature; voltage margin

DOI: 10.12346/etr.v3i8.4055

1 引言

高低温试验是考核计算机在极限温度环境下可否正常工作的必要手段, 旨在考核产品的电子器件在温度恶劣情况下的性能可否满足使用要求。在舱段级低温试验中, 出现模拟量测试通道超差的现象, 计算机自检不通过, 排查后发现是 SX8138MF 高速宽带差分放大器失效引起的。

2 故障定位

故障为低温下的偶发故障, 故障现象为 AD 运放电路的输出波形幅度偏低, 多次上下电, 测试结果好坏参半。

AD 转换电路局部电路框图如图 1 所示。

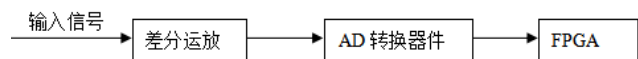


图 1 SX8138MF 高速宽带差分放大器所在应用电路板的电路框图

故障定位过程: 用 CHIPSOCPE 软件通过 FPGA 的仿真器端口采集波形判定故障是否复现, 并根据采集结果对采集到的波形幅度进行初步推断; 示波器测量差分运放电路的输出端, 判定输出信号是否正常; 示波器测量输入信号的板上

【作者简介】孙爱中 (1981-), 男, 中国河北冀州人, 本科, 高级工程师, 从事计算机应用研究。

焊点,判断输入信号是否正常。隔离定位故障由 SX8138MF 高速宽带差分放大器引起后,将器件拆下在工艺件上焊接再次进行试验验证,进一步验证定位的准确性^[1]。

经上述排查定位故障是 SX8138MF 高速宽带差分放大器低温下失效造成。故障器件拆下进行进一步测试,测试方法为:采用厂家 SX8138MF 的测试系统,电源电压从 3V 开始、以 0.1V 为步进降低,通过反复上电监测电路的输出波形及电源电流值。测试结果为:常温下,10 只合格电路最低工作电压为 1.7V,故障电路最低工作电压为 2.4V;低温下,10 只合格电路最低工作电压为 1.9V,故障电路最低工作电压为 2.6V。当低于最低工作电压时,电路电源电流为几 μ A,输出为低电平,与初始现象一致。

3 原因分析

SX8138MF 内部包含上电启动电路,在上电过程中通过内部电容充电,使启动晶体管导通,从而促使基准电路开始工作,上电完成后启动晶体管截止关断。因此,如果电路低温下上电后启动晶体管未有效导通,也会导致整个电路不启动的现象。

SX8138MF 内部上电启动电路结构如图 2 所示。

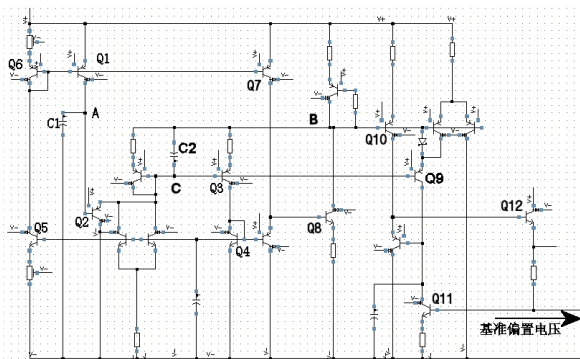


图 2 上电启动电路图

其原理是,上电过程中,B 点、C 点的电压同步抬升,B、C 点通过 C2 交流短路,更利于 C 点电位的快速抬升。由于 Q2 晶体管基极通过电容 C1 交流接地,因此随着 C 点电压升高,Q2 导通并通过基极对 C1 充电。Q2 导通后通过电流放大,进一步加大其发射级的电流,促使 Q3、Q9 导通工作。Q3 导通后,Q4、Q5、Q6、Q1、Q7 依次导通,其中 Q1 导通后可对 C1 加快充电,当 A 点电压通过充电抬升后,Q2 截止,C1 充电完成后 Q1 也截止,此时 A 点电压等于电源电压 3V。由于 Q7 导通,Q8 也导通,将 B 点电位拉低,Q10 导通,使得 Q12 导通,拉高 Q11 的基极电压并导通输出基准偏置电压^[2]。关电时,C1 的 A 点通过 Q1 的 CB 结合 Q5 进行放电,A 点电压逐渐降低到 0V。

如果由于工艺偏差导致晶体管参数,如 BE 结压降过大,则需要更高的电源电压才能使上电启动结构中的 Q2 晶体管导通。同时,由于低温下,晶体管的 BE 结压降会进一步漂

移增大(温度系数 $=-2\text{mV}/^\circ\text{C}$),因此会更容易出现无法启动的情况。

4 问题复现

图 3 为 SX8138MF 仿真线路图,Q2 管发射级上加入一个二极管模拟 BE 结压降参数变大,仿真温度 25°C ,上电电压为 2.5V,器件处于无法启动状态,输出恒低。若上电电压为 2.6V,则可启动工作。而不加入二极管的正常情况下,电路最低上电工作电压为 2.1V,与理论分析结论一致。

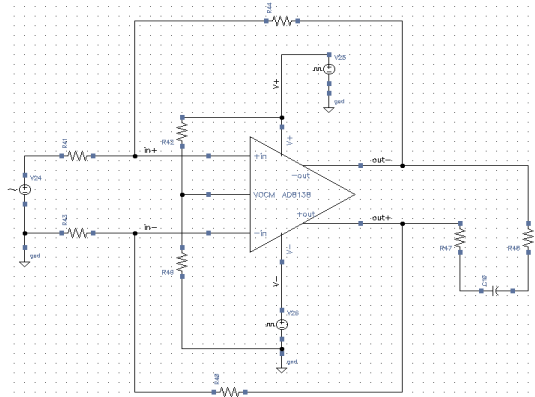


图 3 SX8138MF 仿真线路图

仿真温度 -50°C ,地上施加幅度 90mV 脉宽 10ns 的高频干扰脉冲,上电电压 3V,上电间隔时间 0.55s,输入信号幅度 0.4V。开始上电后器件处于工作状态,关电后再上电则处于不启动状态,与用户现场故障模式一致^[3]。

通过以上仿真验证,当晶体管 BE 结压降参数偏大和地线存在扰动时,在 -50°C 下 SX8138MF 会出现不启动的情况,而在 25°C 下及 85°C 下器件工作正常,故障复现。

5 改进措施

为避免该问题的再次发生,对后续 SX8138MF 产品,在现有测试系统的基础上,增加低温下电源电压为 2.3V 时的功能测试,以剔除晶体管参数临界抗干扰能力差的器件。

6 结语

对于 SX8138 放大器在温度条件下的性能不稳定现象进行了排查、分析、仿真验证,并给出了解决方案,确保了产品质量满足使用要求。

参考文献

- [1] 张学文,司佑全.差分比例运算电路增益调整与控制分析[J].湖北师范大学学报(自然科学版),2019(2):77-81.
- [2] 王强,蒙莹,方开洪,等.集成运放的线性与非线性应用分析[J].自动化与仪器仪表,2015(4):186-188.
- [3] 李东沛.集成运放电路的应用分析[J].电子技术与软件工程,2015(11):114-116.