

手机震动控制器的验证

王婉星

陕西工业职业技术学院 陕西 咸阳 712000

【摘要】随着设计与工艺水平的飞速提高，集成电路的功能愈发复杂，近来的问题是芯片的验证难度加大，耗时加长。快速、高效的搭建集成电路的验证平台，并且完成完整的功能验证，是验证人员一直研究的课题。文本的研究内容为，对一款手机震动控制模块的数字模块搭建验证平台，并完成该模块的功能验证。其验证结果的代码覆盖率为 97%，功能覆盖率为 100%，达到工程标准。

【关键字】手机震动；验证平台；覆盖率

引言

在电源管理芯片中，震动控制模块控制手机震动行为，震动控制器由数字和模拟两部分构成。震动器中的数字模块为本文验证的内容，对其搭建验证平台，并完成功能验证。

1 震动控制模块 DUT 结构

手机震动控制器由数字模块和模拟模块组成，如图 1 所示。数字模块的功能为：使用算法将数字震动指令，转换为方波信号，使得模拟模块可以识别。模拟模块的功能为：驱动震动器，产生震动；向数字模块反馈震动状态。

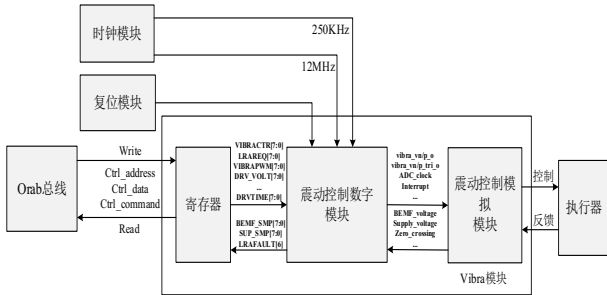


图 1 震动控制模块结构图

本文验证内容为数字部分，震动控制器的数字模块的功能如下：

1.1 自动过驱动

在震动器启动和制动的时候，可能会出现无法马上启动或者停止的状态，针对这种问题，需要使用过载技术，可以迅速启动或者停止马达。通过过载技术，可以缩短启动与制动 50% 的时间。

1.2 震动跟踪反馈

在设计震动器时，弹簧弹片产生共振，达到最大振幅，并能减少功耗。然而实际的生产环境不为理想状态，所以共振难以产生。在设计震动器时，在电路中增加震动追踪技术，在马达震动时，不断检查实际振幅与预期振幅的差距，差距反馈给震动控制器，然而不断调整振幅，达到预期效果。

1.3 自动执行器诊断和电平跟踪

在加工中，工艺会影响马达转子切割磁力线，通过自动诊断功能，监测电阻是否有开路，短路的情况，调整驱动模式，并且改变驱动电压，确保震动正确，并保护电路良好。

2 验证平台搭建

根据震动控制器上述三项主要功能，分析验证需求并搭载验证平台，其平台主要功能如下：①设计震动控制器模型，其功能与完备的震动控制器相同，可以完成过载驱动，震动跟踪，执行器诊断等功能。②可以使用 Orab 总线对震动控制数字模块中寄存器进行读写。③测试平台可以接收震动控制器模拟部分的反馈信号，并将信号传送至震动控制器模型。④本测试平台可产生受约束的随机激励信号，以保证测试的完整。⑤本测试平台可以对测试结构进行自动比较，提高验证效率。

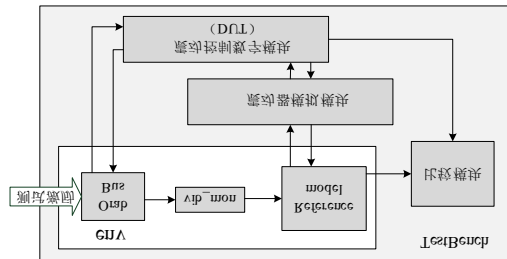


图 2 验证平台结构

作者简介：王婉星（1992-），女，陕西咸阳市人，助教，（2014 级硕士），研究方向：计算机应用，人工智能。

如图 2 所示, TestBench 为震动控制器的验证平台, 其中有 Orab 总线模型, Vib_mon 模块, Reference model, 比较模块, 震动器模拟模块, 震动控制数字模块。Orab 总线模型, Vib_mon 模块, Reference model 三个部分, 用于采集并传输测试激励, Orab 总线用于传输测试信号, Vib_mon 与 Reference model 对信号进行转化处理, 此时信号进入模拟与数字模块, 震动器控制器开启对应的工作模式。

测试中红监控震动控制器数字模块的端口, 检测工作是否符合设计需求, 测试监察其数字模块的输出波形, 信号时序等信息。若达到设计需求标准, 则功能正确。

3 验证过程举例与分析

3.1 功能验证

(1) PWM 调制功能验证: 震动事例写入。验证结果如图 3 所示, clk_12m 为时钟信号, ctrl_address_i 为输入信号, 当输入信号有效, 来到时钟信号上升沿时, 输入的激励写入 vibra_pwm_i 与 pwm_cfg_write 中。

地址为 0x03 的寄存器, 所含数据达到时钟 clk_12m 上升沿时写入信号 vibra_pwm_i 与 pwm_cfg_write 中。此时监测震动控制模块与参考模型中波形, 若两处波形一致, 则表明功能正确。震动事例写入验证通过。



图 3 震动事例数据写入过程波形图

(2) 共振频率调制功能验证: 验证结果如图 4 所示, clk_12m 为时钟信号, 时钟周期为频率为 12MHz, 当 vibra_zero_cross_det_i 为高电平时, ze_combo_tb 信号值为 0x48, 当 vibra_zero_cross_det_i 为低电平时, ze_combo_tb 信号值同为 0x48, 则该信号满足判别阈值。其他信号均符合功能需求, 共振频率调制功能验证通过。

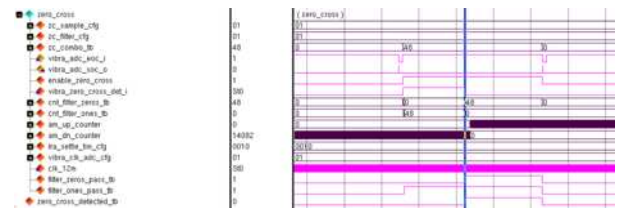


图 4 共振频率调制功能验证波形图

3.2 覆盖率分析

覆盖率分为代码覆盖率与功能覆盖率, 这两种覆盖率可以反映验证工作的完整性, 通过覆盖率的反馈, 可以增添验证用例, 保证验证模块被充分验证, 以达到工程要求。

(1) 功能覆盖率。功能覆盖率可以反映验证用例是否覆盖到设计中的每一个功能点, 若覆盖率低, 可以补充验证计划。

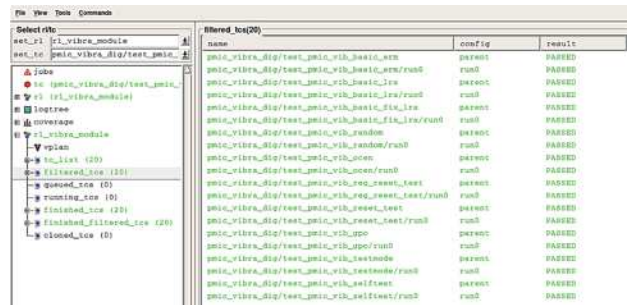


图 5 功能覆盖率结果

通过验证平台, 各个功能点的测试用例的检测结果如图 5 所示, 结果显示均为 PASSED 通过, 则各个功能点均被覆盖, 验证中功能覆盖率为 100%。震动控制器的各个功能被完成验证, 达到功能成要求。其功能正确可以保证。

(2) 代码覆盖率。代码覆盖率可以从一定程度上反映设计代码是否被是测试用例验证, 若代码覆盖率越高, 则说明设计的模块被执行的程度越高。代码覆盖率可以帮助我们分析未覆盖部分的代码, 检测出程序中的废代码, 从而对设计进行修改完善, 修改之后, 再对设计模块进行验证测试。

Scope: /pmic_vibra_tb_top/DUT/pmic_vibra_dig_top

Coverage Summary By Instance:

Scope	TOTAL	Cvg	Cover	Statement	Branch	Toggle	FSM State	FSM Trans
TOTAL	96.75%	--	--	99.49%	99.07%	92.54%	100.00%	92.64%
i_pmic_vibra_dig_top	95.00%	--	--	100.00%	--	90.01%	--	--
vibra_stat_ctrl	96.29%	--	--	100.00%	100.00%	88.88%	--	--
vibra_acl	98.36%	--	--	100.00%	100.00%	98.01%	100.00%	96.90%
vibra_dbn_filt	99.21%	--	--	100.00%	100.00%	96.84%	100.00%	100.00%
vibra_gpo_ctrl	92.56%	--	--	93.54%	93.10%	91.03%	--	--
vibra_hbridge	95.74%	--	--	100.00%	100.00%	87.23%	--	--
vibra_pwm	97.05%	--	--	100.00%	100.00%	91.14%	--	--
vibra_en	100.00%	--	--	100.00%	100.00%	100.00%	--	--
vibra_irq	100.00%	--	--	100.00%	100.00%	100.00%	--	--
vibra_bemf	98.04%	--	--	100.00%	100.00%	92.18%	100.00%	100.00%
vibra_nfsm	95.96%	--	--	100.00%	100.00%	92.19%	100.00%	87.60%
vibra_adc_ctd	98.25%	--	--	100.00%	100.00%	93.02%	100.00%	100.00%
vibra_test_ctd	98.14%	--	--	100.00%	100.00%	94.44%	--	--
vibra_cgss_vpmic	94.52%	--	--	100.00%	100.00%	83.58%	--	--

图 6 代码覆盖率结果

如图 6 所示, 震动控制器模块数字部分总代码覆盖率为 96.75%。达到了工程要求指标, 符合设计需求。

4 小结

本文的工作为为手机震动的控制器搭建验证平台, 编写测试用例, 并对其数字模块进行验证, 并检测设计中的功能覆盖率与代码覆盖率, 对验证工作进行总结归纳。在本模块中, 验证平台主要分为三个部分, 分

别是激励输入模块,被测试模块(震动控制器数字部分),结果比较模块。其中,激励输入模块主要功能是,使用Orab总线模型将激励输入至被测试模块;比较模块将被测试模块的仿真结构与设计功能相比较。在测试结束后,检测功能覆盖率与代码覆盖率,以检查测试的完整性,其功能覆盖率为100%,代码覆盖率基本达到97%,符

合功能标准,验证工作较完备。

【参考文献】

- [1] 张静,卜刚.基于C_Model的UVM验证平台设计与实现[J].电子技术应用,2019,45(10):100-104.
- [2] 赵赛,闫华,丛红艳.基于UVM验证方法学的数字交换芯片验证平台[J].电子与封装,2019,19(12):36-40.