

机密

# Q/THZ

## 合众新能源汽车有限公司企业标准

Q/THZ E8-19-2021

代替 Q/THZ E8-19-2015

---

### LIN 单体网络通讯测试规范

2021-6-30 发布

2021-7-15 实施

---

合众新能源汽车有限公司 发布



## 前 言

本标准依据GB/T 1.1-2009给出的规则起草

本标准依据Q/THZ E5-5-2021《LIN网络控制单元技术要求》给出的更新，对应更新该规范

本标准代替 Q/THZ E8-19-2015《LIN 硬件测试规范》，与 Q/THZ E8-19-2015 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 1) 新增了测试环境及准备的条目内容，并按照实际测试环境排版；
- 2) 对主节点和从节点测试大项进行拆分细化，详细描述了测试用例执行步骤及期望结果。

本标准由合众新能源汽车有限公司智能研究院提出。

本标准由合众新能源汽车有限公司项目管理部归口。

本标准起草单位：合众新能源汽车有限公司智能研究院电子电气架构部。

本标准主要起草人：王野、李川、刘淑娟、刘奎、朱洪。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

—— Q/THZ E8-19-2015。



# LIN 单体网络通讯测试规范

## 1 范围

本标准规定了对合众汽车LIN单体网络控制单元物理层、数据链路层、网络管理、容错性能等的测试方法。

本标准适用于合众新能源汽车有限公司（以下简称合众汽车）在整车 LIN 网络开发阶段对各车载 ECU 实施网络单元测试的方法。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

Q/THZ E5-5-2021 《LIN网络控制单元技术要求》。

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**ECU**

电子控制单元。

### 3.2

**DUT**

在验装置。

### 3.3

**DUT上电**

KL30电、KL15电闭合，并且供电电压为 $13.5V \pm 0.1V$ 。

### 3.4

**CAN (CANFD)**

控制器局域网、可变速率控制器局域网。

### 3.5

**DLC**

报文长度。

### 3.6

**KL30**

常电，蓄电池电源。

### 3.7

**KL15/IGN**

点火开关ON档电源。

### 3.8

#### LIN2.1

LIN Specification Package Revision 2.1。

### 3.9

#### 物理层

物理层是有顺序的比特流传输的物理介质，包括硬件的、电位的、功能的、程序的物理访问介质。

### 3.10

#### 数据链路层

通过物理层提供可靠的信息传输；包括发送数据（帧）的必要同步、误差控制、序列控制、流控制。

## 4 LIN-Master 测试环境及准备

### 4.1 CFG1 通用测试配置

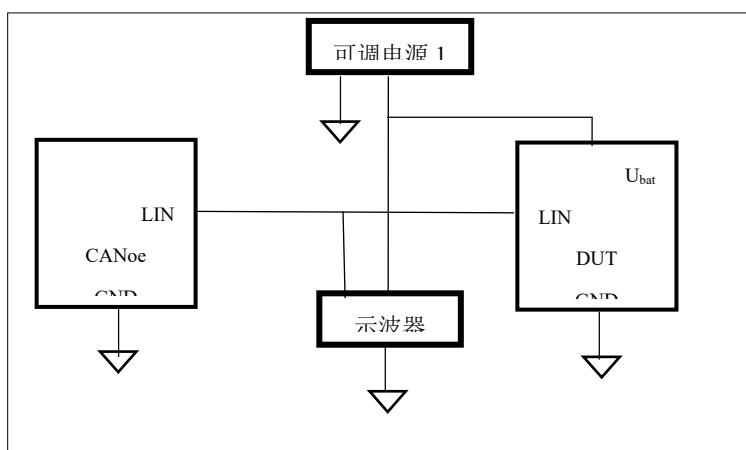


图 1 CFG1 设置

- CANoe：用来模拟除 DUT 外的其他节点发送和接收报文；记录监测总线报文；对 DUT 进行 ACK 应答；
- 可调电源：通过 PC 可控模拟不同供电电压；
- 示波器：具有 LIN 译码功能；LIN 线接入单通道输入；KL15/IGN 接入单通道输入。

### 4.2 CFG2 容错测试配置 1

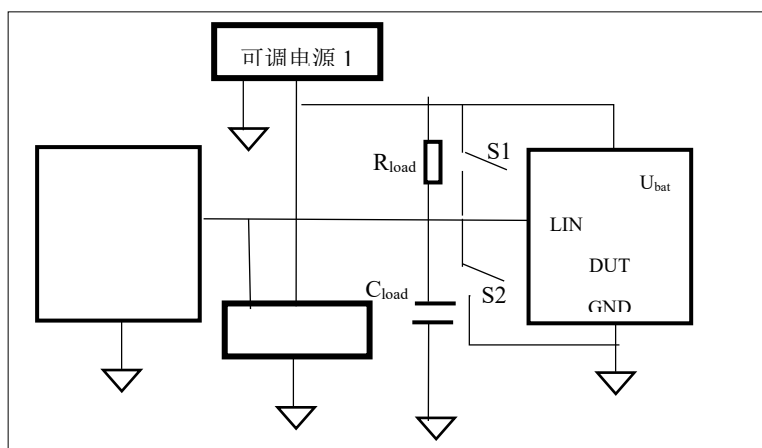


图 2 CFG2 设置

- a. CANoe: 用来模拟除 DUT 外的其他节点发送和接收报文; 记录监测总线报文; 对 DUT 进行 ACK 应答;
- b. 控制开关: 实现 DUT 分别与电源、地短路的功能;
- c. 可调电源: 通过 PC 可控模拟不同供电电压。

#### 4.3 CFG3 容错测试配置

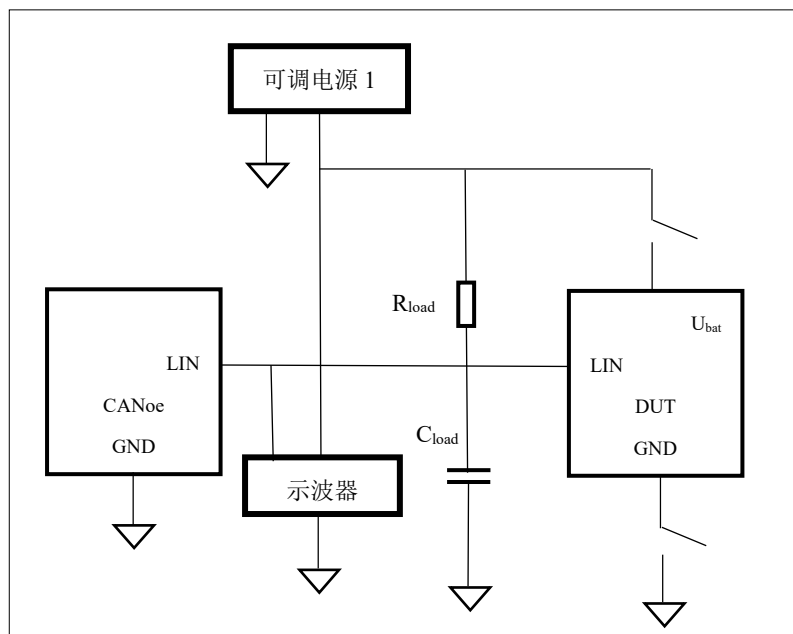


图 3 CFG3 设置

- a. CANoe: 用来模拟除 DUT 外的其他节点发送和接收报文; 记录监测总线报文; 对 DUT 进行 ACK 应答;
- b. 控制开关: 实现 DUT 分别与电源、地断路的功能;
- c. 可调电源: 通过 PC 可控模拟不同供电电压。

#### 4.4 CFG4 隐性输入阈值测试配置

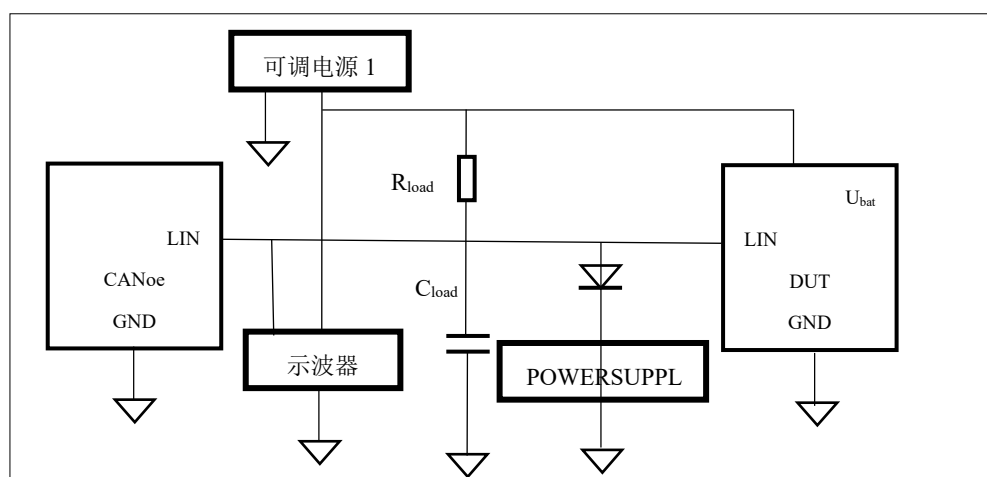


图 4 CFG4 设置

- a. CANoe: 用来模拟除 DUT 外的其他节点发送和接收报文; 记录监测总线报文; 对 DUT 进行 ACK 应答;
- b. 可调电源: 通过 PC 可控模拟不同供电电压;

- c. 负载值:  $R_{load}=4.0K\Omega$ ,  $C_{load}=5.5nF$ 。

#### 4.5 CFG5 显性输入阈值测试配置

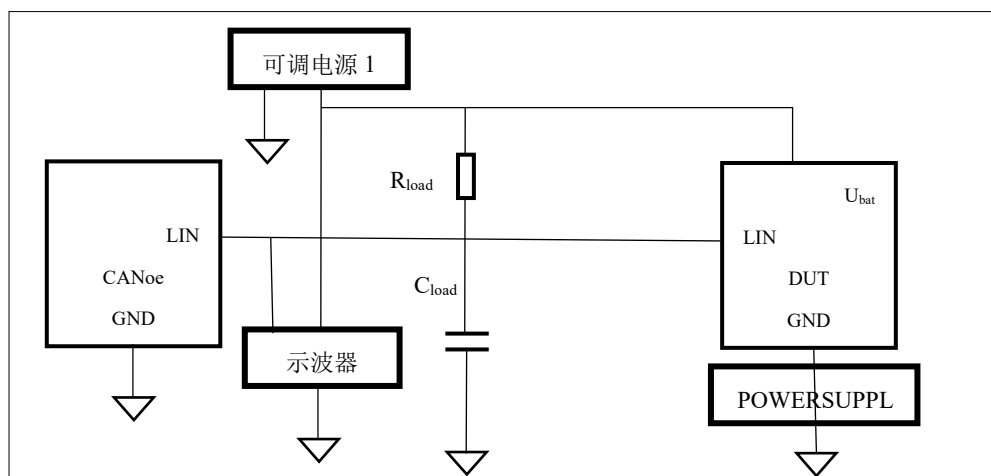


图 5 CFG5 设置

- a. CANoe: 用来模拟除 DUT 外的其他节点发送和接收报文; 记录监测总线报文; 对 DUT 进行 ACK 应答;  
 b. 可调电源: 通过 PC 可控模拟不同供电电压;  
 c. 负载值:  $R_{load}=4.0K\Omega$ ,  $C_{load}=5.5nF$ 。

#### 4.6 CFG6 地偏移测试配置

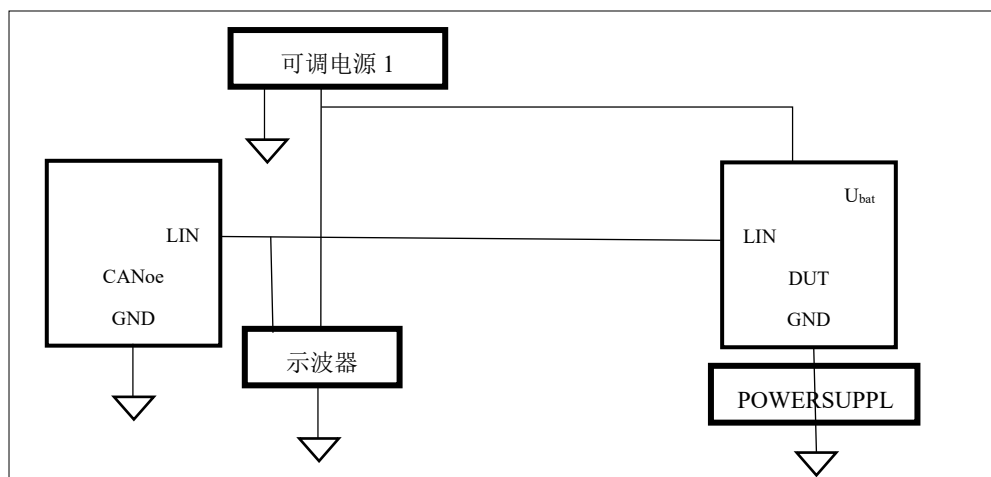


图 6 CFG6 设置

- a. CANoe: 用来模拟除 DUT 外的其他节点发送和接收报文; 记录监测总线报文; 对 DUT 进行 ACK 应答;  
 b. 可调电源: 通过 PC 可控模拟不同供电电压。

#### 4.7 CFG7 上升沿/下降沿速率测试配置



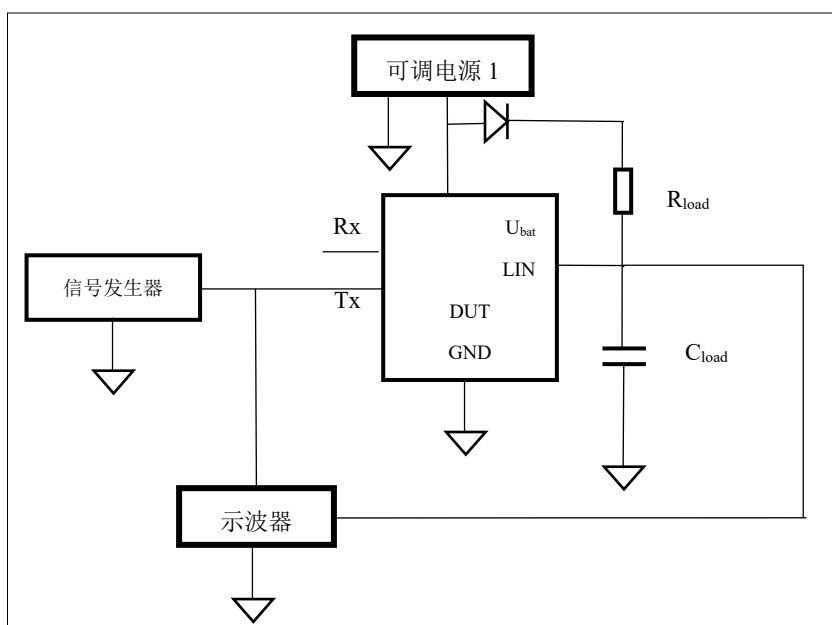


图 7 CFG7 设置

- a. 信号发生器：用来模拟 LIN 总线上输出的方波信号；
- b. 可调电源：通过 PC 可控模拟不同供电电压；
- c. 示波器：具有 LIN 译码功能；LIN 线接入单通道输入；KL15/IGN 接入单通道输入。

#### 4.8 CFG8 最恶劣电容测试配置

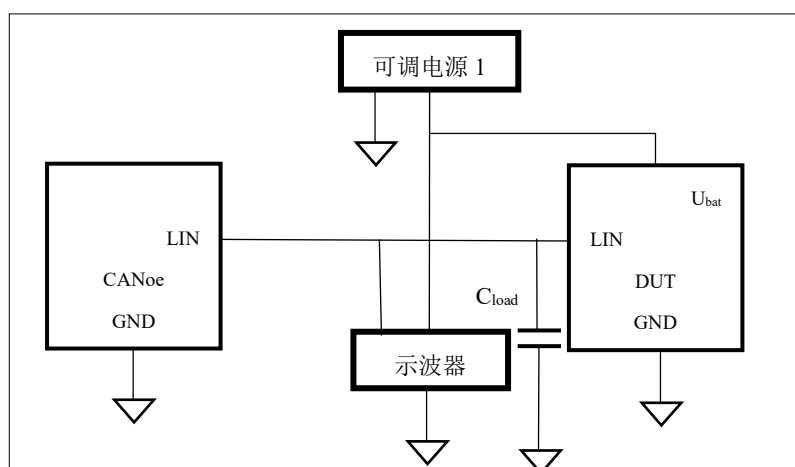


图 8 CFG8 设置

- a. CANoe：用来模拟除 DUT 外的其他节点发送和接收报文；记录监测总线报文；对 DUT 进行 ACK 应答；
- b. 可调电源：通过 PC 可控模拟不同供电电压；
- c. 示波器：具有 LIN 译码功能；LIN 线接入单通道输入；KL15/IGN 接入单通道输入。

#### 4.9 CFG9 传输延时测试配置

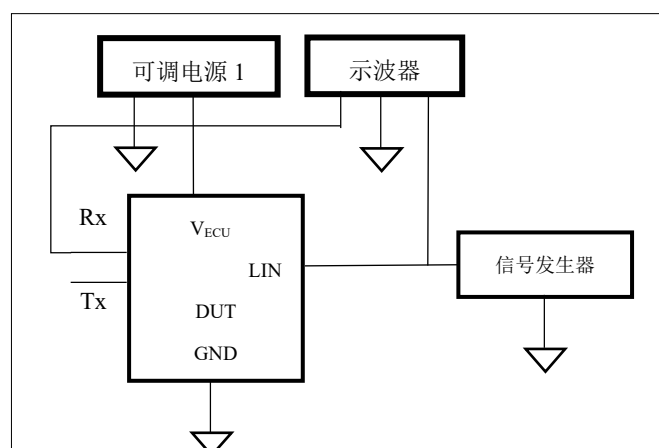


图 9 CFG9 设置

- a. 信号发生器：用来模拟 LIN 总线上输出的方波信号；
- b. 可调电源：通过 PC 可控模拟不同供电电压；
- c. 示波器：具有 LIN 译码功能；LIN 线接入单通道输入；KL15/IGN 接入单通道输入。

#### 4.10 CFG10 电阻测试配置

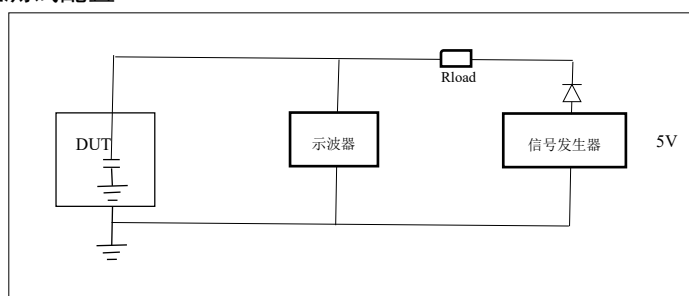


图 10 CFG10 设置

- a. 信号发生器：用来模拟 LIN 总线上输出的方波信号；
- b. 可调电源：通过 PC 可控模拟不同供电电压；
- c. 示波器：具有 LIN 译码功能；LIN 线接入单通道输入；KL15/IGN 接入单通道输入；
- d. 负载值：Rload=1.0KΩ，阻值误差小于±1%。

#### 4.11 CFG11 电容测试配置

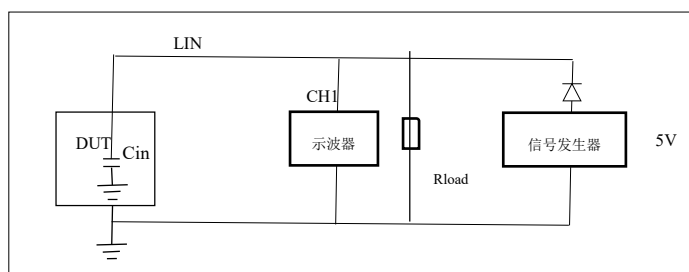


图 11 CFG11 设置

- a. 信号发生器：用来模拟 LIN 总线上输出的方波信号；
- b. 可调电源：通过 PC 可控模拟不同供电电压；
- c. 示波器：具有 LIN 译码功能；LIN 线接入单通道输入；KL15/IGN 接入单通道输入；
- d. 负载值：Rload=1.0KΩ，阻值误差小于±1%。

## 5 LIN\_Master 物理层测试

## 5.1 [TG1\_TC1]主节点工作电压范围测试

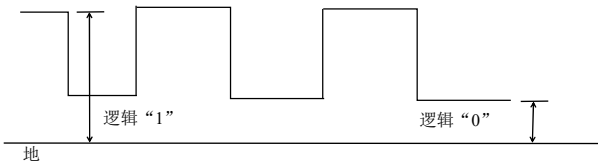
表 1

测试内容	
用例编号	[TG1_TC1]
需求索引	/
测试目的	检查主节点工作电压范围内的总线通信行为
测试步骤	<p>SUB CASE1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister);</li> <li>2. 设置供电电压为 <math>13.8 \pm 0.2V</math>, 确定 DUT 正常运行;</li> <li>3. 设置 Ubat=7.0V;</li> <li>4. 使用 CANoe 检测 DUT 是否发送 TST_FRAME_2_TX 报文头(期望: DUT 在 8-18V 之间正常响应);</li> <li>5. 增加 Ubat 电压 0.1V;</li> <li>6. 使用 CANoe 检测 DUT 是否发送 TST_FRAME_2_TX 报文头(期望: DUT 在 8-18V 之间正常响应);</li> <li>7. 如果 Ubat&gt;19.0V, 停止; 否则, 跳至第 5 步。</li> </ol> <p>SUB CASE2:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister);</li> <li>2. 设置供电电压为 <math>13.8 \pm 0.2V</math>, 确定 DUT 正常运行;</li> <li>3. 设置 Ubat=19.0V;</li> <li>4. 使用 CANoe 检测 DUT 是否发送 TST_FRAME_2_TX 报文头, (期望: DUT 应在 8-18v 之间正常响应);</li> <li>5. 减小 Ubat 电压 0.1V;</li> <li>6. 使用 CANoe 检测 DUT 是否发送 TST_FRAME_2_TX 报文头(期望: DUT 应在 8-18v 之间正常响应);</li> <li>7. 如果 Ubat&lt;7.0V, 停止; 否则, 跳至第 5 步。</li> </ol>
验收准则	
<p>SUBCASE1:</p> <p>在 Ubat[8.0-18.0]范围内, DUT 发送 TST_FRAME_2_TX 报文头。</p> <p>SUBCASE2:</p> <p>在 Ubat[8.0-18.0]范围内, DUT 发送 TST_FRAME_2_TX 报文头。</p>	

## 5.2 [TG1\_TC2]主节点输出电平测试

表2

测试内容	
用例编号	[TG1_TC2]
需求索引	LIN2.1Physical layer specification 6.5.4 节 SAE J2602-2 7.4.1.1.1
测试目的	在最大、正常和最小供电电压情况下, 验证主节点的显性和隐性输出电压在通信标准规定范围内。

测试步骤	<p>SUB CASE1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister) ;</li> <li>2. 设置 Ubat=8V;</li> <li>3. 在同步段, 用示波器测量逻辑 “1” 和逻辑 “0” 的电平;</li> <li>4. 重复 10 次步骤 2-3;</li> <li>5. 设置 Ubat=13.8V (DUT 正常) ;</li> <li>6. 在同步段, 用示波器测量逻辑 “1” 和逻辑 “0” 的电平;</li> <li>7. 重复 10 次步骤 5-6;</li> <li>8. 设置 Ubat=18V;</li> <li>9. 在同步段, 用示波器测量逻辑 “1” 和逻辑 “0” 的电平;</li> <li>10. 重复 10 次步骤 8-9。</li> </ol> <p>SUB CASE2:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister) ;</li> <li>2. 设置 Ubat=8V, Rload=1K<math>\Omega</math>, Cload=1nF;</li> <li>3. 使用周期为 100us 占空比为 50%的 5V 方波驱动被测节点的 TX 引脚;</li> <li>4. 检测 LIN 总线上逻辑 “1” 和逻辑 “0” 的电平;</li> <li>5. 设置 Ubat=18V, Rload=1K<math>\Omega</math>, Cload=1nF;</li> <li>6. 检测 LIN 总线上逻辑 “1” 和逻辑 “0” 的电平。</li> </ol> <p>注: 测试时可只选择 SUBCASE1 或 SUBCASE2 一种方法进行测试。</p>
验收准则	
<p>SUBCASE1:</p> <p>如下图所示, 测量同步字节的逻辑 “1” 和逻辑 “0” 电平;</p> <p>Ubat=8V, 逻辑 “1” <math>\geq 5.6V</math>, 逻辑 “0” <math>\leq 1.6V</math>;</p> <p>Ubat=13.8V, 逻辑 “1” <math>\geq 10.24V</math>, 逻辑 “0” <math>\leq 2.76V</math>;</p> <p>Ubat=18V, 逻辑 “1” <math>\geq 13.6V</math>, 逻辑 “0” <math>\leq 3.6V</math>。</p> <p>SUBCASE2:</p> <p>如下图所示, 测量同步字节的逻辑 “1” 和逻辑 “0” 电平;</p> <p>Ubat=8V, 逻辑 “1” <math>\geq 6.4V</math>, 逻辑 “0” <math>&lt; 1.6V</math>;</p> <p>Ubat=18V, 逻辑 “1” <math>&gt; 14.4V</math>, 逻辑 “0” <math>&lt; 3.6V</math>。</p>	
	

## 5.3 [TG1\_TC3]主节点电阻测试

表3

测试内容	
用例编号	[TG1_TC3]

需求索引	LIN2.1 physical layer specification 6.5.4 节
测试目的	验证主节点电阻值是否满足通信标准要求
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置供电电压为 12V; 2. 通过示波器测量总线电压 $U_{lin}$ 。
验收准则	
SUBCASE1: $U_{bat}=12V$ , 总线电压范围为 $4.7V \leq U_{lin} \leq 6.3V$ 。	

## 6 LIN 数据链路层测试

### 6.1 [TG2\_TC1]主节点波特率测试

表4

测试内容	
用例编号	[TG1_TC1]
需求索引	LIN2.1 physical layer specification 6.3 节
测试目的	验证主节点电阻值是否满足通信标准要求
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister); 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2V$ ; 3. 等待网络通信正常, 采用 CANoe 获取 DUT 报文波特率; 4. 重复 10 次 3 步骤。
验收准则	
SUBCASE1: DUT 波特率在标准规定范围内 $< \pm 0.5\%$ 。	

### 6.2 [TG2\_TC2]主节点波特率测试

表5

测试内容	
用例编号	[TG1_TC2]
需求索引	LIN2.1 physical layer specification 6.3 节
测试目的	验证主节点在从节点 $\pm 2\%$ 波特率偏差的条件下是否满足通信标准
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister); 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2V$ ; 3. 等待网络通信正常, 采用 CANoe 获取 DUT 报文波特率 $BR_{II}$ ; 4. 设置从节点波特率为 $1.02 * BR_{II}$ 。 SUB CASE2: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister); 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2V$ ; 3. 等待网络通信正常, 采用 CANoe 获取 DUT 报文波特率 $BR_{II}$ ;

	4. 设置从节点波特率为 $0.98 * BR_{II}$ 。
验收准则	
SUBCASE1 and SUBCASE2: DUT 发送 TST_FRAME_2_Tx 报头无错误帧产生。	

### 6.3 [TG2\_TC3]主节点间隔场显性电平长度

表6

测试内容	
用例编号	[TG2_TC3]
需求索引	LIN2.1 physical layer specification 2.3.2 节
测试目的	验证主节点间隔场显性电平长度是否在变准规定范围内
测试环境	如图 2 所示
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister); 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2v$ ; 3. 等待 DUT 发送任意报文头测量间隔场显性电平长度 $T_{SYNBRK}$ ; 4. 重复 10 次步骤 3。
验收准则	
SUBCASE1: $T_{SYNBRK\_Nominal} \leq T_{SYNBRK} \leq T_{SYNBRK\_MAX}$ ; $T_{SYNBRK\_Nominal} = 13 * T_{bit}$ ; $T_{SYNBRK\_MAX} = 26 * T_{bit}$ 。	

### 6.4 [TG2\_TC4]主节点界定符长度

表 7

测试内容	
用例编号	[TG2_TC4]
需求索引	LIN2.1 physical layer specification 2.3.2 节
测试目的	验证主节点间隔场显性电平长度是否在标准规定范围内
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister); 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2v$ ; 3. 等待 DUT 发送任意报文头测量同步界定符长度 $T_{SYNDEL}$ ; 4. 重复 10 次步骤 3。
验收准则	
SUBCASE1: $T_{SYNDEL\_Nominal} \leq T_{SYNDEL} \leq T_{SYNDEL\_MAX}$ ; $T_{SYNDEL\_Nominal} = 1 * T_{bit}$ ; $T_{SYNDEL\_MAX} = 14 * T_{bit}$ 。	

### 6.5 [TG2\_TC5]主节点同步场测试

表8

测试内容	
用例编号	[TG2_TC5]
需求索引	LIN2.1 physical layer specification 2.3.1 节
测试目的	验证主节点同步场是否符合标准
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister) ; 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2\text{v}$ ; 3. 发送任意报文头; 4. 重复 10 次步骤 3。
验收准则	
SUBCASE1: 从节点能够正确响应 DUT 发送的报文头。	

## 6.6 [TG2\_TC6]主节点报文头长度

表9

测试内容	
用例编号	[TG2_TC6]
需求索引	LIN2.1 physical layer specification 2.3.2 节
测试目的	验证主节点报文头长度是否在标准规定范围内
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister) ; 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2\text{v}$ ; 3. DUT 发送所有的报文头测量报文头长度 $T_{\text{Header}}$ ; 4. 重复 10 次步骤 3。
验收准则	
SUBCASE1: $T_{\text{Header\_Nominal}} \leq T_{\text{Header}} \leq T_{\text{Header\_Maximum}}$ ; $T_{\text{Header\_Nominal}} = 34 * T_{\text{bit}}$ ; $T_{\text{Header\_Maximum}} = 47 * T_{\text{bit}}$	

## 6.7 [TG2\_TC7]主节点的从任务响应空间长度范围

表10

测试内容	
用例编号	[TG2_TC7]
需求索引	/
测试目的	验证主节点的从任务的响应空间长度是否在标准的范围内
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister) ; 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2\text{v}$ ; 3. 等待 DUT 发送的 TST_FRAME_2_Tx 报文, 测量响应空间电平长度 $T_{\text{RESSPACE}}$ ;

	4. 重复 10 次步骤 3。
验收准则	
SUBCASE1: $T_{\text{RESSPACE}} \leq 8 T_{\text{bit}}$	

## 6.8 [TG2\_TC8] 主节点校验方式检测

表11

测试内容	
用例编号	[TG2_TC8]
需求索引	LIN2.1 physical layer specification 2.3.1.5 节
测试目的	验证主节点的发送的响应的校验方式是否符合要求
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister); 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2\text{v}$ ; 3. 等待 DUT 发送 TST_FRAME_2_Tx 报文, 检测 DUT 发送的响应校验方式是否为增强型校验。
验收准则	
SUBCASE1: 校验方式为增强型校验。	

## 6.9 [TG2\_TC9] 总线消息总长度测试

表12

测试内容	
用例编号	[TG2_TC9]
需求索引	LIN2.1 physical layer specification 2.3.2 节
测试目的	验证消息总长度是否在标准规定范围内
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister); 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2\text{v}$ ; 3. DUT 发送报文头, 此报文头需要 DUT 恢复响应测量消息电平总长度 TFRAME; 4. 重复 10 次步骤 3。
验收准则	
SUBCASE1: $T_{\text{FRAME\_Nominal}} \leq T_{\text{FRAME}} \leq T_{\text{FRAME\_MAX}};$ $T_{\text{FRAME\_Nominal}} = 10 * (N_{\text{DATA}} + 4.4) T_{\text{BIT}};$ $T_{\text{FRAME\_MAX}} = 10 * (N_{\text{DATA}} + 4.4) T_{\text{BIT}}.$	

## 6.10 [TG2\_TC10] 主节点不完整帧干扰测试

表13

测试内容	
用例编号	[TG2_TC10]



需求索引	LIN2.1 physical layer specification 2.3.2 节
测试目的	验证消息总长度是否在标准规定范围内
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resistor) ; 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2\text{V}$ ; 3. DUT 发送 TST_FRAME_@_TX 报文头; 4. CANoe 对 TST_FRAME_2_Tx 报文头进行响应, 仅发送数据场第一字节; 5. canoe 恢复正常响应; 6. DUT 发送连续任意报文头。
验收准则	
SUBCASE1: 总线通信正常。	

#### 6.11 [TG2\_TC11]主节点不完整帧干扰测试

表14

测试内容	
用例编号	[TG2_TC11]
需求索引	LIN2.1 physical layer specification 2.5 节
测试目的	验证主节点 PID 奇偶校验错误的条件下对总线的影响
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resistor) ; 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2\text{V}$ ; 3. DUT 发送 TST_FRAME_2_TX 报文头; 4. CANoe 对 TST_FRAME_2_Tx 报文头中的 PID 场第 7 位进行单词干扰; 5. DUT 发送正常的 TST_FRAME_2_Tx 报文头。
验收准则	
SUBCASE1: 步骤 4: 总线有错误帧产生; 步骤 5: 总线无错误帧产生。	

## 7 网络管理

### 7.1 [TG3\_TC1]主节点发送睡眠命令帧

表15

测试内容	
用例编号	[TG3_TC1]
需求索引	LIN2.1 physical layer specification 2.5 节
测试目的	验证主节点能够正确的发送睡眠命令帧
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware

	configuration 取消 master mode 和 master resister) ; 2. 是 DUT 睡眠条件满足。
验收准则	
SUBCASE1: DUT 向总线发送睡眠命令帧, TST_FRAME_4, 然后 DUT 停止发送其他任何报文头, 及信息。 总线为隐性状态。	

## 7.2 [TG3\_TC2]主节点收到唤醒请求信号

表16

测试内容	
用例编号	[TG3_TC2]
需求索引	LIN com RS5.1 节
测试目的	验证主节点接收到唤醒请求信号后, 能够在规定时间内唤醒并向总线发送报文头。
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister) ; 2. LIN 测试工具依据通信标准 DUT 发送唤醒请求信号, 其显性电平长度为 250 $\mu$ s。
验收准则	
SUBCASE1: DUT 必须在唤醒信号显性电平结束上升沿后 100ms 内向总线发送第一个报文头, 依据标准显性电平做多 canoe 发送三次。	

## 7.3 [TG3\_TC3]主节点被本地事件或 can 唤醒

表17

测试内容	
用例编号	[TG3_TC3]
需求索引	LIN com RS5.1 节
测试目的	验证主节点被唤醒后, 是否发送唤醒信号用来唤醒从节点
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister) ; 2. 使 DUT 进入睡眠状态; 3. 触发本地事件; 4. 计算触发本地事件的时间与发出唤醒信号的时间差 $T_{Init}$ ; 5. 录唤醒信号显性电平持续时间 $T_{WakeUp}$ 。 SUB CASE2: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister) ; 2. 使 DUT 进入睡眠状态; 3. 通过发送 0x400 报文唤醒 DUT; 4. 计算触发本地事件的时间与发出唤醒信号的时间差 $T_{Init}$ ;

	5. 记录唤醒信号显性电平持续时间 $T_{\text{wakeUp}}$ 。
验收准则	
SUBCASE1: 步骤 2: DUT 向总线发送睡眠命令帧 TST_FRAME_4; 步骤 3: DUT 的发送唤醒信号或者主机任务; 步骤 4 : DUT 的初始化时间 $T_{\text{Init}} \leq 100\text{ms}$ ; 步骤 5: $250 \mu\text{s} < T_{\text{wakeUp}} < 5000 \mu\text{s}$ 。	
SUBCASE2: 步骤 2: DUT 向总线发送睡眠命令帧 TST_FRAME_4; 步骤 3: DUT 的发送唤醒信号; 步骤 4 : DUT 的初始化时间 $T_{\text{Init}} \leq 100\text{ms}$ ; 步骤 5: $250 \mu\text{s} < T_{\text{wakeUp}} < 5000 \mu\text{s}$ 。	

## 8 调度表测试

### 8.1 [TG4\_TC1]调度表调度顺序与时隙

表18

测试内容	
用例编号	[TG4_TC1]
需求索引	LINMatrix
测试目的	验证主节点在发送的调度表的调度顺序与时隙是否符合规范要求
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister); 2. 设置供电电源电压为 $13.8\text{V} \pm 0.2\text{V}$ ; 3. 测试工具接收主节点发送的报文头 2min, 并记录所有的报文头 id 的发送顺序。
验收准则	
SUBCASE1: 步骤 2: DUT 正常通信; 步骤 3: 主节点发送报文头的时隙及报文头发送顺序, 主节点从任务数据长度与 LDF 数据库定义一致, $T_{\text{slot}}$ 值符合 $0.95 * T_{\text{slot}} \leq T_{\text{slot}} \leq 1.05 * T_{\text{slot}}$ 范围, $T_{\text{slot}}$ 中包含了 $T_{\text{jitter}}$ 时间要求。	

## 9 容错性能

### 9.1 [TG5\_TC1]丢失电源、地漏电流测试

表19

测试内容	
用例编号	[TG5_TC1]
需求索引	LIN Com RS 2.7 节 SAE J2602-2 7.7.1 和 7.10.1
测试目的	验证主节点在丢失电源地漏测试后电流是否满足要求
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware

	<p>configuration 取消 master mode 和 master resistor) ;</p> <p>2. RBUSLoad= 1K<math>\Omega</math> CBusLoad =1nF, 断开 DUT 的电源;</p> <p>3. 设置 <math>U_{BAT}=8V</math>;</p> <p>4. 测量漏电 <math>I_{leak\_batt}</math>, 公式为 <math>[U_{bat}-U_{Lin}]/R_{Bus\_load}</math> (<math>R_{Bus\_load}=1000\Omega</math>, <math>U_{Lin}</math> 是 Lin 总线的电压);</p> <p>5. 消除断开 DUT 电源的故障, 计算电源恢复时间与 DUT 发出第一帧报文头时间的差值 <math>\Delta T1</math>;</p> <p>6. 设置供电电压 18.0V 重复步骤 4-5。</p> <p>SUB CASE2:</p> <p>1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resistor) ;</p> <p>2. RBUSLoad= 1K<math>\Omega</math> CBusLoad =1nF, 断开 DUT 的地线;</p> <p>3. 设置 <math>U_{BAT}=8V</math>;</p> <p>4. 测量漏电 <math>I_{leak\_batt}</math>, 公式为 <math>[U_{bat}-U_{Lin}]/R_{Bus\_load}</math> (<math>R_{Bus\_load}=1000\Omega</math>, <math>U_{Lin}</math> 是 Lin 总线的电压);</p> <p>5. 消除断开 DUT 电源的故障, 计算电源恢复时间与 DUT 发出第一帧报文头时间的差值 <math>\Delta T2</math>;</p> <p>6. 设置供电电压 18.0V 重复步骤 4-5。</p>
验收准则	
<p>SUBCASE1:</p> <p>步骤 4 : <math>-23\mu A &lt; I_{leak\_batt} &lt; 23\mu A</math>;</p> <p>步骤 5: 故障恢复后, DUT 恢复正常 <math>\Delta T1 &lt; 100ms</math>;</p> <p><math>-100\mu A &lt; I_{leak\_batt} &lt; 100\mu A</math> 故障恢复后, DUT 恢复正常 <math>\Delta T1 &lt; 100ms</math>。</p> <p>SUBCASE2:</p> <p>步骤 4 : <math>-100\mu A &lt; I_{leak\_batt} &lt; 100\mu A</math>;</p> <p>步骤 5: 故障恢复后, DUT 恢复正常 <math>\Delta T1 &lt; 100ms</math>;</p> <p>步骤 6: <math>-100\mu A &lt; I_{leak\_batt} &lt; 100\mu A</math> 故障恢复后, DUT 恢复正常 <math>\Delta T2 &lt; 100ms</math>。</p>	

## 9.2 [TG5\_TC2] 总线与地短路测试

表20

测试内容	
用例编号	[TG5_TC2]
需求索引	LIN Com RS 2.7 节
测试目的	验证主节点在丢失电源/地测试后漏电流是否满足要求
测试步骤	<p>SUB CASE1:</p> <p>1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resistor) ;</p> <p>2. 设置 <math>U_{BAT}=13.8V</math>;</p> <p>3. 使 LIN 线与地短路持续 1min;</p> <p>4. 消除 LIN 线与地短路的故障;</p> <p>5 记录 trace 窗口时间为 1min 的报文数据;</p> <p>6. 用示波器测量逻辑 1 和逻辑 0 的电平。</p>
验收准则	

SUBCASE1:

步骤 2 : DUT 能够正常通信, 按照调度表发送报头;

步骤 4 : DUT 恢复通信;

步骤 5 : 调度表的发送顺序及发送时隙正常;

步骤 6 : 逻辑 1  $\geq 10.24$ , 逻辑 0  $\leq 2.76$ 。

### 9.3 [TG5\_TC3]总线与电源短路测试

表21

测试内容	
用例编号	[TG5_TC3]
需求索引	LIN Com RS 2.7 节
测试目的	验证主节点的总线与电源电路故障恢复以后是否能够正常通信
测试步骤	<p>SUB CASE1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister);</li> <li>2. 设置 <math>U_{BAT}=13.8\text{v}</math>;</li> <li>3. 使 LIN 线与电源短路持续 1min;</li> <li>4. 消除 LIN 线与电源短路的故障;</li> <li>5 记录 trace 窗口时间为 1min 的报文数据;</li> <li>6. 用示波器测量逻辑 1 和逻辑 0 的电平。</li> </ol> <p>SUB CASE2:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister);</li> <li>2. 设置 <math>U_{BAT}=13.8\text{v}</math>;</li> <li>3. 使 LIN 线与电源短路持续 1min;</li> <li>4. 保持 LIN 线与电源短路, 断开 DUT 的电源, 在连接 DUT 的电源;</li> <li>5. 消除 LIN 线与电源短路;</li> <li>6. 记录 trace 窗口时间为 1min 的报文数据;</li> <li>7. 用示波器测量逻辑 1 和逻辑 0 的电平。</li> </ol>
验收准则	
<p>SUBCASE1:</p> <p>步骤 2: DUT 能够正常通信, 按照调度表发送报头;</p> <p>步骤 4: DUT 恢复通信;</p> <p>步骤 5: 调度表的发送顺序及发送时隙正常;</p> <p>步骤 6: 逻辑 1 <math>\geq 10.24</math>, 逻辑 0 <math>\leq 2.76</math>。</p> <p>SUBCASE2:</p> <p>步骤 2: DUT 能够正常通信, 按照调度表发送报头;</p> <p>步骤 5: DUT 恢复通信;</p> <p>步骤 6: 调度表的发送顺序及发送时隙正常;</p> <p>步骤 7: 逻辑 1 <math>\geq 10.24</math>, 逻辑 0 <math>\leq 2.76</math>。</p>	

### 9.4 [TG5\_TC4]地偏移测试

表22

测试内容
------

用例编号	[TG5_TC4]
需求索引	LIN Com RS 2.7 节
测试目的	验证节点在产生地偏移时是否能够产生正常通信
测试步骤	<p>SUB CASE1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具 CANoe 为从节点 (configuration/hardware configuration 取消 master mode 和 master resister) ;</li> <li>2. 设置 <math>U_{BAT}=13.8v</math>;</li> <li>3. 设置 powerSupply2 的输出为-2v;</li> <li>4. 以 0.1 步长, 增长 powerSupply2 的输出, 重复步骤 3 知道输出为 2v。</li> </ol>
验收准则	
<p>SUBCASE1:</p> <p>步骤 2 : DUT 能够正常通信, 按照调度表发送报头;</p> <p>步骤 3 : DUT 通信不受影响, 能正常的发送报文头;</p> <p>步骤 4 : DUT 通信不受影响, 能正常的发送报文头。</p>	

## 10 LIN 从节点测试环境

Lin 从节点测试环境分为以下几种, 如下图:

### 10.1 CFG1 通用测试配置

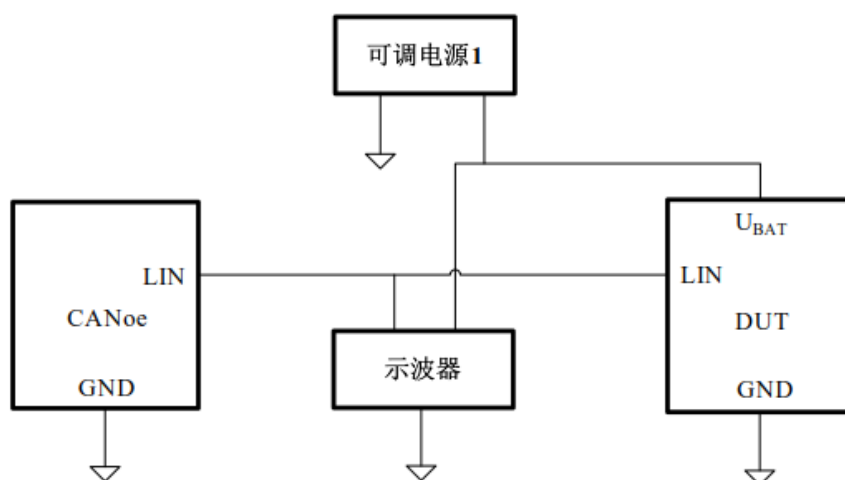


图 12 CFG1 设置

- Canoe: 用来模拟除 DUT 外的其他节点发送和接受报文: 记录检测总线报文; 对 DUT 进行 ACK 应答;
- 可调电源: 通过 pc 可控模拟不同供电点压;
- 示波器: 具有 Lin 译码功能; Lin 线接入单通道输入, KL15/IGN 介入单通道输入。

### 10.2 CFG2 容错测试配置 1

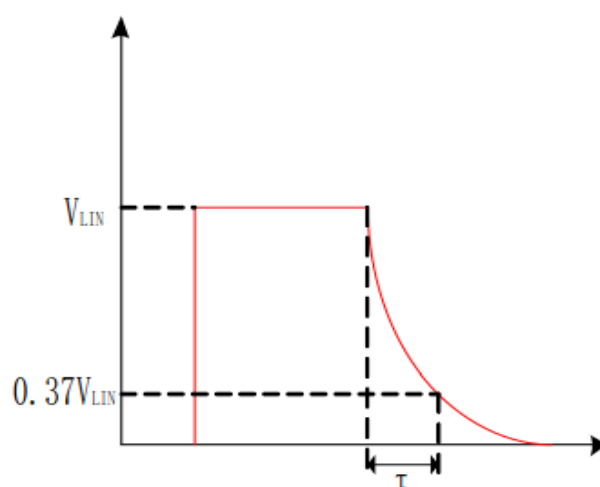


图 13 CFG2 设置

- Canoe: 用来模拟除 DUT 外其他节点发送和接收报文; 记录检测总线报文; 对 DUT 进行 ACK 应答;
- 控制开关: 实现 Lin 线分别与电源、地短路的功能;
- 可调电源: 通过 pc 可控模拟不同供电电压。

### 10.3 CFG3 容错测试配置 2

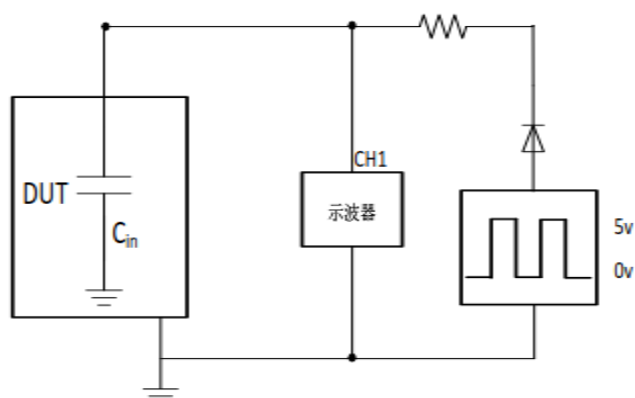


图 14 CFG3 设置

- Canoe: 用来模拟除 DUT 外其他节点发送和接收报文; 记录检测总线报文; 对 DUT 进行 ACK 应答;
- 控制开关: 实现 Lin 线分别与电源、地短路的功能;
- 可调电源: 通过 pc 可控模拟不同供电电压。

### 10.4 CFG4 隐性输入阈值测试配置

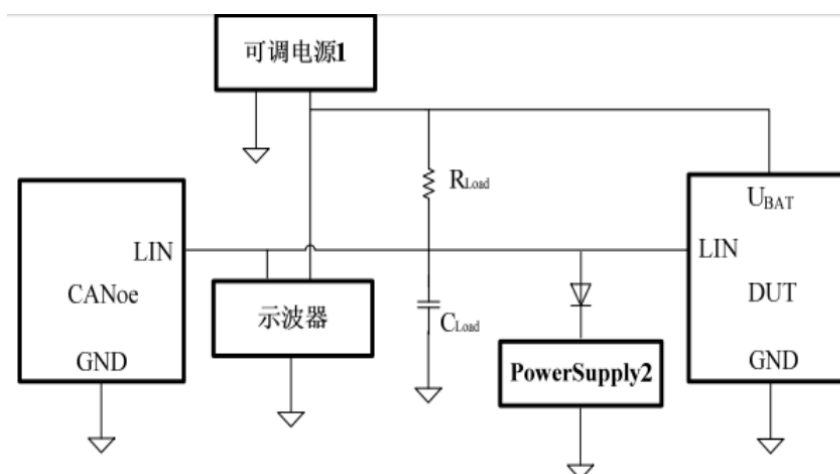


图 15 CFG4 设置

- CANoe: 用来模拟除、DUT 外其他节点发送和接受报文; 记录监测总线数据报文, 对 DUT 进行 ACK 应答;
- VT: 控制开关, 实现 DUT 分别与电源和地断路的功能;
- 可调电源: 通过 PC 可控模拟不同供电电压;
- 负载值:  $R_{load} = 875K\Omega$ ,  $C_{Load} = 5.5nF$ 。

#### 10.5 CFG5 显性输入阈值测试配置

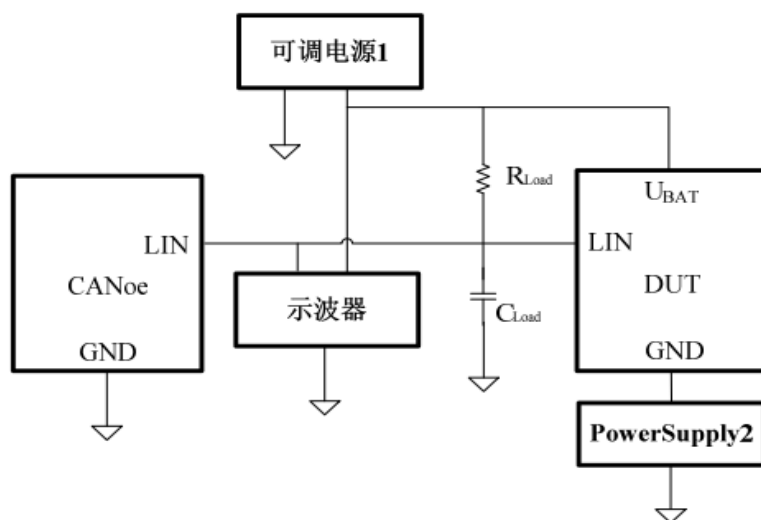


图 16 CFG5 设置

- CANoe: 用来模拟除、DUT 外其他节点发送和接受报文; 记录监测总线数据报文, 对 DUT 进行 ACK 应答;
- VT: 控制开关, 实现 DUT 分别与电源和地断路的功能;
- 可调电源: 通过 PC 可控模拟不同供电电压;
- 负载值:  $R_{load} = 875K\Omega$ ,  $C_{Load} = 5.5nF$ 。

#### 10.6 CFG6 地偏移测试配置



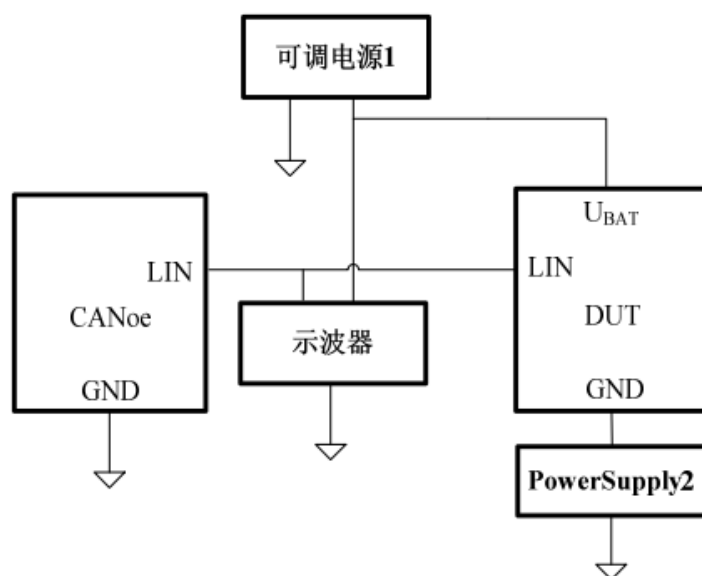


图 17 CFG6 设置

- a. CANoe: 用来模拟除、DUT 外其他节点发送和接受报文; 记录监测总线数据报文, 对 DUT 进行 ACK 应答;
- b. VT: 控制开关, 实现 DUT 分别与电源和地断路的功能;
- c. 可调电源: 通过 PC 可控模拟不同供电电压。

#### 10.7 CFG7 上升沿/下降沿速率测试配置

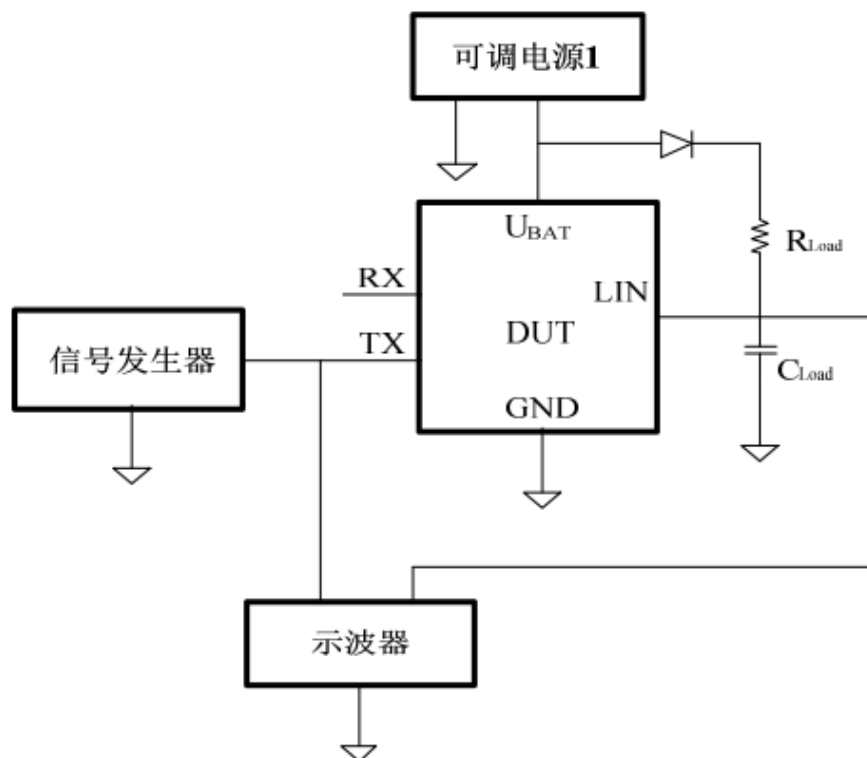


图 18 CFG7 设置

- a. 信号发生器: 用来模拟 LIN 总线上输出的方波信号;
- b. 示波器: LIN 线单通道输入, 信号发生器接入单通道输入;

- c. 可调电源：通过 PC 可控模拟不同供电电压。

#### 10.8 CFG8 最恶劣电容测试配置

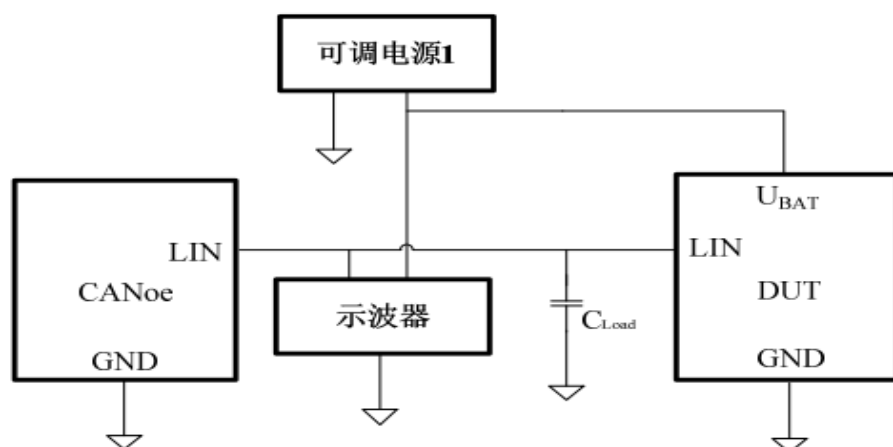


图 19 CFG8 设置

- a. CANoe：用来模拟除 DUT 外的其他节点发送和接收报文，记录监测总线报文，DUT 进行 ACK 应答；  
 b. 可调电源：通过 pc 可控模拟不同供电电压；  
 c. 示波器：具有 LIN 译码功能：LIN 线介入单通道输入；KL15/IGN 接入单通道输入。

#### 10.9 CFG9 传输延时测试配置

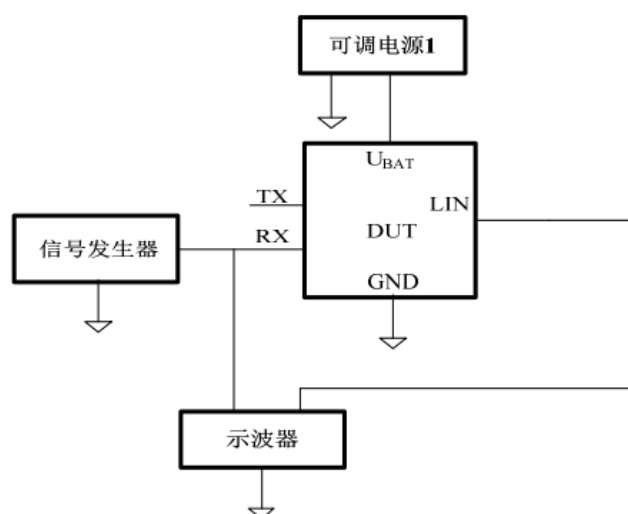


图 20 CFG9 设置

- a. 信号发生器：用来模拟 LIN 总线上输入的方波信号；  
 b. 示波器：LIN 线单通道输入，信号发生器接入单通道输入；  
 c. 可调电源：通过 PC 可控模拟不同供电电压。

#### 10.10 CFG10 电阻测试配置

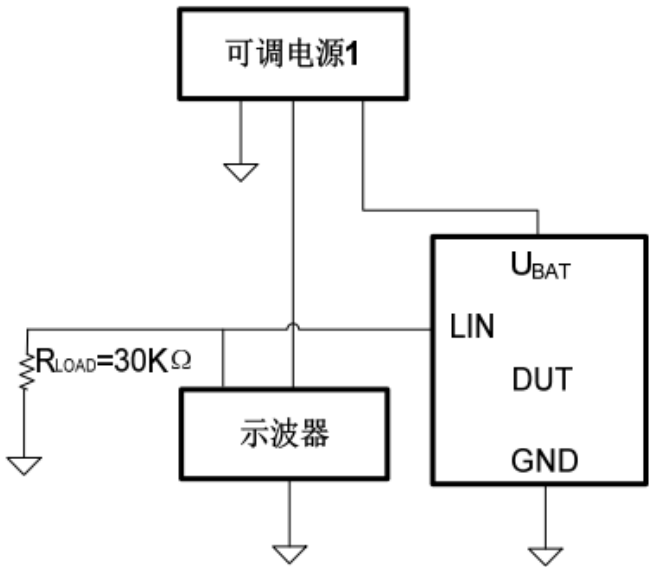


图 21 CFG10 设置

- a. CANoe :用来模拟除 DUT 外的其他节点发送和接收报文；记录和监测总线报文；
- b. 可调电源 ：通过 PC 可控，模拟不同供电电压；
- c. 示波器：捕获总线波形；
- d. 负载值：  $R_{load} = 30\text{ K}\Omega$ 。

10.11 CFG11 电阻测试配置

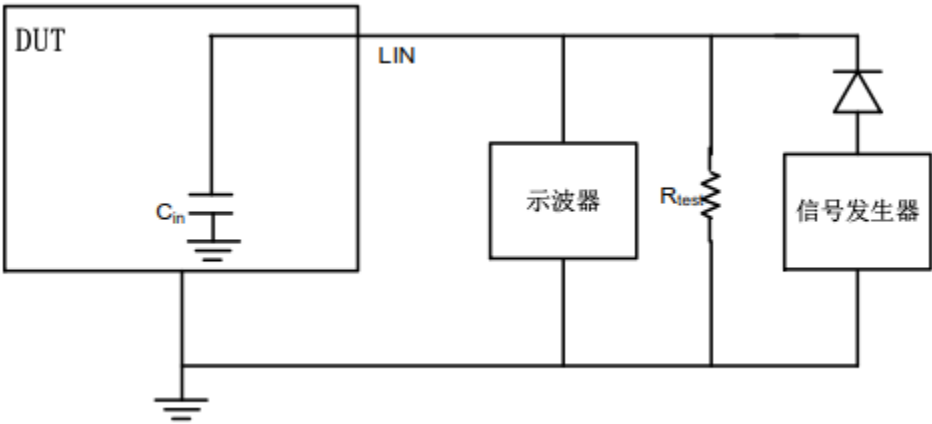


图 22 CFG11 设置

- a. 信号发生器 ：向总线中输入方波信号；
- b. 2. 示波器：捕获总线波形；
- c. 3.  $R_{Test}$ : DUT内部电阻 $R_{Test} = 30\text{ k}\Omega$ 。

11 从节点物理层

11.1 [TG6\_TC1]从节点工作电压范围测试

表23

测试内容	
用例编号	[TG6_TC1]

需求索引	LIN2 Com RS 2.5.1 节
测试目的	监测从节点工作电压范围内的总线通信行为
测试步骤	<p>SUB CASE1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister);</li> <li>2. 设置供电电源电压为<math>13.8 \pm 0.2V</math>, 确定DUT正常运行;</li> <li>3. 设置UBAT =7.0V;</li> <li>4. Lin测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx;</li> <li>5. 增加Ubat电压0.1v ;</li> <li>6. Lin测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx;</li> <li>7. 如果Ubat&gt; 19.0V, 停止, 否则跳至第5步。</li> </ol> <p>SUB CASE2:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister);</li> <li>2. 设置供电电源电压为<math>13.8 \pm 0.2V</math>, 确定DUT正常运行;</li> <li>3. 设置UBAT =19.0V;</li> <li>4. Lin测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx;</li> <li>5. 减小Ubat电压0.1v ;</li> <li>6. Lin测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx;</li> <li>7. 如果Ubat&lt;7.0V, 停止, 否则跳至第5步。</li> </ol>
验收准则	
<p>Successful:</p> <p>DUT应在8v -18v之间正常发送TST_FRAME_2_Rx的响应。</p>	

## 11.2 [TG6\_TC3]从节点输出电平测试

表24

测试内容		
用例编号	[TG6_TC3_SC1]	
需求索引	LIN2.1 physical Layer specification 6.5.4节 SAE J2602-2 7.4.1.1.1	
测试目的	在最大、正常和最小供电电压情况下，验证主节点的显性和隐性输出电压在通信标准规定范围内。	
测试步骤	SUB CASE1： 1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）； 2. 设置UBAT =8.0v .； 3. Lin测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx； 4. 测试DUT响应的RSID 的逻辑“1”和逻辑“0”电平； 5. 重复10次2-4步骤； 6. 设置UBAT =13.8V . 重复2-5步骤； 7. 设置UBAT =18V . 重复2-5步骤。	
验收准则		
No	Ubat	期望

1	Ubat =8v;	逻辑 1 $\geq 5.6\text{v}$ 逻辑 0 $\leq 1.6\text{v}$ ;
2	Ubat =13.8v;	逻辑 1 $\geq 10.24\text{v}$ 逻辑 0 $\leq 2.76\text{v}$ ;
3	Ubat =18v。	逻辑 1 $\geq 13.6\text{v}$ 逻辑 0 $\leq 3.6\text{v}$ 。

表25

测试内容		
用例编号	[TG6_TC3_SC2]	
需求索引	LIN2.1 physical Layer specification 6.5.4节 SAE J2602-2 7.4.1.1.1	
测试目的	在最大、正常和最小供电电压情况下，验证主节点的显性和隐性输出电压在通信标准规定范围内。	
测试步骤	SUB CASE1： 1. 设置Ubat = 8v Rload = 1KΩ，Cload =1nF。 2. 使用周期为100 μ s 占空比为50% 的5v方波驱动被测节点的TX引脚； 3. 检测LIN总线上逻辑1 和逻辑0 的电平； 4. 设置Ubat =18v,Rload = 1KΩ，Cload = 1nF； 5. 检测LIN总线上逻辑1 和逻辑0的电平。	
验收准则		
No	Ubat	期望
1	Ubat =8v;	逻辑 1 ≥6.4 逻辑 0 <1.6;
2	Ubat =18v。	逻辑 1 ≥14.4v 逻辑 0 <3.6v。

## 12 LIN 从节点数据链路层

### 12.1 [TG7\_TC1]从节点波特率（不适用同步场同步）

表26

测试内容	
用例编号	[TG7_TC1]
需求索引	LIN2.1 Physical Layer Specification 6.3 节
测试目的	验证从节点DUT波特率是否在规定范围内 $< \pm 1.5\%$
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resistor）； 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2\text{V}$ ； 3. LIN测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx, 测试DUT响应波特率； 4. 重复10次步骤3。
验收准则	
SUB CASE1: DUT能够正确发送TST_FRAME_2_Rx的响应； DUT波特率在标准规定范围内 $< \pm 1.5\%$ 。	

### 12.2 [TG7\_TC2]从节点波特率（使用同步场同步）

表27

测试内容	
用例编号	[TG7_TC2]
需求索引	LIN2.1 Physical Layer Specification 6.3 节
测试目的	验证从节点DUT波特率是否在规定范围内 $\leq \pm 2\%$
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister); 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2V$ ; 3. LIN测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx, 测试DUT响应波特率; 4. 重复10次步骤3。
验收准则	
SUB CASE1: DUT能够正确发送TST_FRAME_2_Rx的响应; DUT波特率在标准规定范围内 $\leq \pm 2\%$ 。	

## 12.3 [TG7\_TC3]从节点兼容测试范围

表28

测试内容	
用例编号	[TG7_TC3]
需求索引	LIN2.1 Physical Layer Specification 6.3 节
测试目的	验证从节点在主节点 $\pm 0.5\%$ 的波特率偏差的条件下是否满足通信标准要求
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister); 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2V$ ; 3. 设置主节点波特率19296Kbit/s; 4. LIN测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx, 测试DUT响应波特率。  SUB CASE2: 1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister); 2. 设置供电电压为 $13.8 \pm 0.2V$ ; 3. 设置主节点波特率19Kbit/s; 4. LIN测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx, 测试DUT响应波特率。
验收准则	
SUB CASE1: DUT能够正确发送TST_FRAME_2_Rx的响应。 SUB CASE2: DUT能够正确发送TST_FRAME_2_Rx的响应。	

表29

测试内容
------

用例编号	[TG7_TC4]																
需求索引	LIN2.1 Physical Layer Specification 2.3.2 节																
测试目的	验证从节点接收间隔场显性电平长度在标准规定范围内																
测试步骤	<p>SUB CASE1:</p> <p>1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）；</p> <p>2. 设置供电电压为13.8±0.2V；</p> <p>3. LIN测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx；</p> <p>4. 转到步骤3，依次完成下图的三组测试。</p> <table><tr><th>No.</th><th>T<sub>SYNBRK</sub></th><th>T<sub>SYNDEL</sub></th><th>T<sub>H_INTERBYTE</sub></th></tr><tr><td>1</td><td>13 T<sub>BIT</sub> (min)</td><td>1 T<sub>BIT</sub> (min)</td><td>0</td></tr><tr><td>2</td><td>26 T<sub>BIT</sub> (max)</td><td>1 T<sub>BIT</sub> (min)</td><td>0</td></tr><tr><td>3</td><td>20 T<sub>BIT</sub></td><td>1 T<sub>BIT</sub> (min)</td><td>0</td></tr></table>	No.	T <sub>SYNBRK</sub>	T <sub>SYNDEL</sub>	T <sub>H_INTERBYTE</sub>	1	13 T <sub>BIT</sub> (min)	1 T <sub>BIT</sub> (min)	0	2	26 T <sub>BIT</sub> (max)	1 T <sub>BIT</sub> (min)	0	3	20 T <sub>BIT</sub>	1 T <sub>BIT</sub> (min)	0
No.	T <sub>SYNBRK</sub>	T <sub>SYNDEL</sub>	T <sub>H_INTERBYTE</sub>														
1	13 T <sub>BIT</sub> (min)	1 T <sub>BIT</sub> (min)	0														
2	26 T <sub>BIT</sub> (max)	1 T <sub>BIT</sub> (min)	0														
3	20 T <sub>BIT</sub>	1 T <sub>BIT</sub> (min)	0														
验收准则																	
<p>SUB CASE1:</p> <p>DUT能够正确发送TST_FRAME_2_Rx的响应。</p>																	

12.5 [TG7\_TC5]从节点识别界定符长度范围

表30

测试内容																				
用例编号	[TG7_TC5]																			
需求索引	LIN2.1 Physical Layer Specification 2.3.2 节																			
测试目的	验证从节点接收界定符长度在标准规定范围内																			
测试步骤	SUB CASE1:																			
	1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）；																			
	2. 设置供电电压为13.8±0.2V；																			
	3. LIN测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx；																			
	4. 转到步骤3，依次完成下图的三组测试。																			
	<table><tr><th>NO.</th><th>T<sub>SYNBRK</sub></th><th>T<sub>SYNDEL</sub></th><th>T<sub>H_INTERBYTE</sub></th></tr><tr><td>1</td><td>13 T<sub>BIT</sub> (min)</td><td>1 T<sub>BIT</sub> (min)</td><td>0</td></tr><tr><td>2</td><td>13 T<sub>BIT</sub> (min)</td><td>14 T<sub>BIT</sub> (max)</td><td>0</td></tr><tr><td>3</td><td>13 T<sub>BIT</sub> (min)</td><td>10 T<sub>BIT</sub></td><td>0</td></tr></table>				NO.	T <sub>SYNBRK</sub>	T <sub>SYNDEL</sub>	T <sub>H_INTERBYTE</sub>	1	13 T <sub>BIT</sub> (min)	1 T <sub>BIT</sub> (min)	0	2	13 T <sub>BIT</sub> (min)	14 T <sub>BIT</sub> (max)	0	3	13 T <sub>BIT</sub> (min)	10 T <sub>BIT</sub>	0
NO.	T <sub>SYNBRK</sub>	T <sub>SYNDEL</sub>	T <sub>H_INTERBYTE</sub>																	
1	13 T <sub>BIT</sub> (min)	1 T <sub>BIT</sub> (min)	0																	
2	13 T <sub>BIT</sub> (min)	14 T <sub>BIT</sub> (max)	0																	
3	13 T <sub>BIT</sub> (min)	10 T <sub>BIT</sub>	0																	
验收准则																				
SUB CASE1:																				
DUT能够正确发送TST_FRAME_2_Rx的响应。																				

12.6 [TG7\_TC6]从节点接收报文头长度范围

表31

测试内容	
用例编号	[TG7_TC6]
需求索引	LIN2.1 Physical Layer Specification 2.3.2 节

测试目的	验证从节点接收报文头长度在标准规定范围内																													
测试步骤	<p>SUB CASE1:</p> <p>1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）；</p> <p>2. 设置供电电压为13.8±0.2V；</p> <p>3. LIN测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx；</p> <p>4. 转到步骤3，依次完成下图的四组测试。</p> <table><tr><td>No.</td><td>TSYNBRK</td><td>TSYNDEL</td><td>TH_INTERBYTE</td><td>=&gt;THeader</td></tr><tr><td>1</td><td>13 T<sub>BIT</sub> (min)</td><td>1 T<sub>BIT</sub></td><td>0</td><td>34 T<sub>BIT</sub> (min)</td></tr><tr><td>2</td><td>19 T<sub>BIT</sub></td><td>2 T<sub>BIT</sub></td><td>6 T<sub>BIT</sub></td><td>47 T<sub>40 TBIT</sub> (max)</td></tr><tr><td>3</td><td>15 T<sub>BIT</sub></td><td>3 T<sub>BIT</sub></td><td>2 T<sub>BIT</sub></td><td>40 T<sub>BIT</sub></td></tr><tr><td>4</td><td>13 T<sub>BIT</sub></td><td>1 T<sub>BIT</sub></td><td>13 T<sub>BIT</sub></td><td>47 T<sub>BIT</sub> (max)</td></tr></table>					No.	TSYNBRK	TSYNDEL	TH_INTERBYTE	=>THeader	1	13 T <sub>BIT</sub> (min)	1 T <sub>BIT</sub>	0	34 T <sub>BIT</sub> (min)	2	19 T <sub>BIT</sub>	2 T <sub>BIT</sub>	6 T <sub>BIT</sub>	47 T <sub>40 TBIT</sub> (max)	3	15 T <sub>BIT</sub>	3 T <sub>BIT</sub>	2 T <sub>BIT</sub>	40 T <sub>BIT</sub>	4	13 T <sub>BIT</sub>	1 T <sub>BIT</sub>	13 T <sub>BIT</sub>	47 T <sub>BIT</sub> (max)
No.	TSYNBRK	TSYNDEL	TH_INTERBYTE	=>THeader																										
1	13 T <sub>BIT</sub> (min)	1 T <sub>BIT</sub>	0	34 T <sub>BIT</sub> (min)																										
2	19 T <sub>BIT</sub>	2 T <sub>BIT</sub>	6 T <sub>BIT</sub>	47 T <sub>40 TBIT</sub> (max)																										
3	15 T <sub>BIT</sub>	3 T <sub>BIT</sub>	2 T <sub>BIT</sub>	40 T <sub>BIT</sub>																										
4	13 T <sub>BIT</sub>	1 T <sub>BIT</sub>	13 T <sub>BIT</sub>	47 T <sub>BIT</sub> (max)																										
验收准则																														
<p>SUB CASE1:</p> <p>DUT能够正确发送TST_FRAME_2_Rx的响应。</p>																														

## 12.7 [TG7\_TC7]从节点响应空间长度范围

表32

测试内容	
用例编号	[TG7_TC7]
需求索引	/
测试目的	验证从节点响应空间长度是否在标准规定范围内
测试步骤	<p>SUB CASE1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）；</li> <li>2. 设置供电电压为<math>13.8 \pm 0.2V</math>；</li> <li>3. LIN测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx；</li> <li>4. 测量响应空间电平长度<math>T_{RESSPACE}</math>；</li> <li>5. 重复10次步骤3-4。</li> </ol>
验收准则	
<p>SUB CASE1:</p> <p>DUT能够正确发送TST_FRAME_2_Rx的响应；</p> <p><math>T_{RESSPACE} \leq 8T_{bit}</math></p>	

## 12.8 [TG7\_TC8]报文 DLC 检测

表33

测试内容	
用例编号	[TG7_TC8]
需求索引	LINMatrix
测试目的	验证从节点发送的DLC检测是否符合要求
测试步骤	<p>SUB CASE1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）；</li> <li>2. LIN测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx；</li> <li>3. 检测DUT发送的响应的DLC检测是否与LDF数据库一致。</li> </ol>



验收准则
SUB CASE1: DUT发送的响应的DLC检测是否与LDF数据库一致。

## 12.9 [TG7\_TC9]校验方式检测

表34

测试内容	
用例编号	[TG7_TC9]
需求索引	/
测试目的	验证从节点发送的响应的校验方式是否符合要求
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister); 2. LIN测试工具向DUT发送0x3D 的报文; 3. 检测DUT发送的响应的校验方式是否为经典型校验。 SUB CASE2: 1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister); 2. LIN测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx报文; 3. 检测DUT发送的响应的校验方式是否为增强型校验。
验收准则	
SUB CASE1: DUT诊断/配置报文期望为经典型校验方式。 SUB CASE2: DUT发送的响应的校验方式为增强型校验。	

## 12.10 [TG7\_TC10]总线消息总长度测试

表35

测试内容	
用例编号	[TG7_TC10]
需求索引	/
测试目的	验证消息总长度是否在标准规定范围内
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister); 2. 设置供电电源电压为 $13.8 \pm 0.2\text{V}$ ; 3. LIN测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx报头; 4. 测量消息电平总长度 $T_{\text{FRAME}}$ ; 5. 重复10次步骤3-4。
验收准则	
SUB CASE1: 步骤3 : DUT能够正确发送TST_FRAME_2_Rx的响应; 步骤4 : $T_{\text{FRAME\_Nominal}} \leq T_{\text{FRAME}} \leq T_{\text{FRAME\_MAX}}$ , $T_{\text{FRAME\_Nominal}} = 10 * (N_{\text{DATA}} + 4.4) T_{\text{Bit}}$ ; $T_{\text{FRAME\_MAX}} = 14 * (N_{\text{DATA}} + 4.4) T_{\text{Bit}}$ ; 步骤5 : $T_{\text{FRAME\_Nominal}} \leq T_{\text{FRAME}} \leq T_{\text{FRAME\_MAX}}$ , $T_{\text{FRAME\_Nominal}} = 10 * (N_{\text{DATA}} + 4.4) T_{\text{Bit}}$ ; $T_{\text{FRAME\_MAX}} = 14 * (N_{\text{DATA}} + 4.4) T_{\text{Bit}}$ 。	

## 12.11 [TG7\_TC11]从节点不完整帧干扰测试

表36

测试内容	
用例编号	[TG7_TC11]
需求索引	LIN2.1 LINProtocol Specification 2.7节
测试目的	验证从节点对不完整帧的响应是否符合要求
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister); 2. 设置供电电源电压为 $13.8 \pm 0.2\text{v}$ ; 3. LIN测试工具向DUT发送只包含间隔场的报头; 4. LIN测试工具向DUT发送只包含间隔场, 同步场的报头; 5. LIN测试工具向DUT发送包含间隔场, 同步场, 数据场第一个自己的报头; 6. LIN测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx。
验收准则	
SUB CASE1: 步骤3 -5: DUT不响应; 步骤6: DUT能够正确发送TST_FRAME_2_Rx的响应。	

## 12.12 [TG7\_TC12]从节点PID 奇偶校验错误测试

表37

测试内容	
用例编号	[TG7_TC12]
需求索引	LIN2.1 LINProtocol Specification 2.7节
测试目的	验证从节点PID奇偶校验错误的条件下对总线的影响
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister); 2. 设置供电电源电压为 $13.8 \pm 0.2\text{v}$ ; 3. LIN测试工具向DUT发送第一帧奇偶校验错误的状态的报头; 4. LIN测试工具向DUT发送第二帧奇偶校验错误的状态的报头; 5. LIN测试工具向DUT发送第三帧奇偶校验错误的状态的报头。
验收准则	
SUB CASE1: 步骤3: DUT对奇偶校验错误的状态报头不响应; 步骤4: DUT对第二帧奇偶校验正确的状态报头响应中, response_error设置为true; 步骤5: DUT对第二帧奇偶校验正确的状态报头响应中, response_error设置为false。	

## 13 网络管理

## 13.1 [TG8\_TC1]从节点接收睡眠命令帧

表38

测试内容
------

用例编号	[TG8_TC1]
需求索引	/
测试目的	验证从节点接收到睡眠命令帧后，能够依据标准做出正确的处理
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）； 2. LIN测试工具向DUT发送TST_FRAME_2_Rx报头。使用CANOE检测DUT是否发送响应； 3. 测试工具向DUT发送睡眠命令TST_FRAME_4，其第一个字节为0x00，后面填充为0xff； 4. LIN测试工具向DUT发送ST_FRAME_2_Rx报头，使用canoe检测dut是否发送响应。
验收准则	
SUB CASE1: 步骤2: DUT正常响应报文； 步骤3: DUT接收到睡眠命令后，节点睡眠； 步骤4: DUT不响应该报头。	

### 13.2 [TG8\_TC2]从节点初始化时间

表39

测试内容	
用例编号	[TG8_TC2]
需求索引	
测试目的	验证从节点上电后，能够在100ms内初始化进入常规运行状态
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）； 2. DUT上电，记录DUT上电时间； 3. LIN测试工具每个10ms向DUT发送一次ST_FRAME_2_Rx报头； 4. 监测DUT响应报头时间，计算DUT上电到开始响应报头的时间差 $T_{init}$ ； 5. 重复步骤 2-4。
验收准则	
SUB CASE1: DUT初始化时间 $T_{init} \leq 110ms$ 。	

### 13.3 [TG8\_TC3]总线空闲 4s 进入睡眠模式

表40

测试内容	
用例编号	[TG8_TC3]
需求索引	/
测试目的	验证从节点在总线持续空闲大于4s（4-10s之间）后，自动进入睡眠状态
测试步骤	SUB CASE1:

	1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）； 2. LIN测试工具向DUT发ST_FRAME_2_Rx报头； 3. 测试工具停止发送任何信息； 4. 等待3.9s； 5. canoe仿真ST_FRAME_2_Rx报头发送到总线上； 6. 等待10s； 7. canoe仿真ST_FRAME_2_Rx报头发送到总线上。
验收准则	
SUB CASE1: 步骤2: DUT发送响应报文； 步骤4: DUT未进入睡眠状态； 步骤5: DUT响应该报头； 步骤6: DUT进入睡眠状态； 步骤7: DUT不像应该报头。	

#### 13.4 [TG8\_TC4]从节点发送唤醒请求

表41

测试内容	
用例编号	[TG8_TC4]
需求索引	/
测试目的	验证从节点发送的唤醒请求满足标准要求，该测试只针对支持本地唤醒后能够发送唤醒信号的从节点。
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）； 2. 使总线进入睡眠状态； 3. 设置触发条件（ECU规范）使dut向总线发送唤醒请求信号； 4. 测试工具在收到第一个唤醒信号后向dut发送ST_FRAME_2_Rx报头。
验收准则	
SUB CASE1: 步骤3: DUT正常发送唤醒信号； 步骤4: DUT停止重复发送唤醒信号（只发一次），切换醒信号显性持续250 μs~5ms，dut对ST_FRAME_2_Rx报头。做出响应。	

## 14 容错性能

### 14.1 [TG9\_TC1]丢失电源/地漏电流测试

表42

测试内容	
用例编号	[TG9_TC1]
需求索引	/
测试目的	验证从节点在丢失电源/地漏测试后电流是否满足要求

测试步骤	<p>SUB CASE1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister);</li> <li>2. <math>R_{busLoad} = 20k\Omega</math>, <math>C_{BusLoad} = 1nF</math>, 断开DUT的地线;</li> <li>3. 将供电电压设置为8v;</li> <li>4. 测量点电流 <math>I_{leak\_batt}</math>, 公式为 <math>[U_{bat} - U_{Lin}] / R_{bus\_load}</math>, (<math>R_{bus\_load} = 20K\Omega</math>, <math>U_{Lin}</math>是Lin总线的电压);</li> <li>5. 消除故障, 使用canoe仿真唤ST_FRAME_2_Rx报头;</li> <li>6. 计算电源恢复时间与DUT发出第一帧包头时间的差值T1;</li> <li>7. 设置供电电压为18.0v, 重复步骤4。</li> </ol> <p>SUB CASE2:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister);</li> <li>2. <math>R_{busLoad} = 20k\Omega</math>, <math>C_{BusLoad} = 1nF</math>, 断开DUT的电源线;</li> <li>3. 将供电电压设置为8v;</li> <li>4. 测量点电流 <math>I_{leak\_batt}</math>, 公式为 <math>[U_{bat} - U_{Lin}] / R_{bus\_load}</math>, (<math>R_{bus\_load} = 20K\Omega</math>, <math>U_{Lin}</math>是Lin总线的电压);</li> <li>5. 消除故障, 使用canoe仿真唤ST_FRAME_2_Rx报头;</li> <li>6. 计算电源恢复时间与DUT发出第一帧包头时间的差值T2;</li> <li>7. 设置供电电压为18.0v, 重复步骤4。</li> </ol>
验收准则	
<p>SUB CASE1:</p> <p>步骤4: <math>-23\mu A &lt; I_{leak\_batt} &lt; 23\mu A</math>;</p> <p>步骤5: DUT开始正常通信;</p> <p>步骤6: 故障恢复后, DUT通信正常, T1应小于100ms;</p> <p>步骤7: 故障恢复后, DUT通信正常, T1应小于100ms。</p> <p>SUB CASE2:</p> <p>步骤4: <math>-100\mu A &lt; I_{leak\_batt} &lt; 100\mu A</math>;</p> <p>步骤5: DUT开始正常通信;</p> <p>步骤6: 故障恢复后, DUT通信正常, T2应小于100ms;</p> <p>步骤7: 故障恢复后, DUT通信正常, T2应小于100ms。</p>	

#### 14.2 [TG9\_TC2]总线与地短路测试

表43

测试内容	
用例编号	[TG9_TC2]
需求索引	/
测试目的	验证从节点的总线与地短路故障恢复后能否正常通信
测试步骤	<p>SUB CASE1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister);</li> <li>2. 用canoe向DUT发ST_FRAME_2_Rx报头;</li> </ol>

	3. 使lin线与地短路，持续一分钟； 4. 消除LIN线与地短路的故障，使用canoe仿真TST_FRAME_2_Rx报头； 5. 用示波器测量逻辑1 和逻辑0的电平。
验收准则	
SUB CASE1: 步骤2: 步骤5: DUT发送响应报文； 步骤4: DUT恢复通信； 步骤5: 逻辑1 $\geq 10.24\text{v}$ , 逻辑0 $\leq 2.76\text{v}$ 。	

#### 14.3 [TG9\_TC3]总线与电源短路测试

表44

测试内容	
用例编号	[TG9_TC3]
需求索引	/
测试目的	验证从节点的总线与地短路故障恢复后能否正常通信
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）； 2. 设置UBAT =13.8v； 3. 使lin线与电源短路，持续一分钟； 4. 保持Lin线与电源短路； 5. 消除LIN线与电源短路的故障，使用canoe仿真TST_FRAME_2_Rx报头； 6. 用示波器测量逻辑1 和逻辑0的电平。  SUB CASE2: 1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）； 2. 设置UBAT =13.8v； 3. 使lin线与电源短路，持续一分钟； 4. 保持Lin线与电源短路，断开dut的电源，在连接dut的电源； 5. 消除LIN线与电源短路的故障，使用canoe仿真TST_FRAME_2_Rx报头； 6. 用示波器测量逻辑1 和逻辑0的电平。
验收准则	
SUB CASE1: 步骤2: 步骤5: DUT发送响应报文； 步骤5: DUT恢复通信； 步骤6: 逻辑1 $\geq 10.24\text{v}$ , 逻辑0 $\leq 2.76\text{v}$ 。 SUB CASE2:	

步骤2: 步骤5: DUT发送响应报文;
步骤5: DUT恢复通信;
步骤6: 逻辑1 $\geq 10.24\text{v}$ , 逻辑0 $\leq 2.76\text{v}$ 。

14.4 [TG9\_TC4]地偏移测试

表45

测试内容	
用例编号	[TG9_TC4]
需求索引	/
测试目的	验证节点在产生地偏移时是否能够正常通信
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister); 2. 配置dut, 是dut上电工作, 使用canoe仿真TST_FRAME_2_Rx报头; 3. 设置powersupply2的输出为-2v, 使用canoe仿真TST_FRAME_2_Rx报头; 4. 以0.1v步长, 增长powerSupply2的输出, 使用canoe仿真TST_FRAME_2_Rx报头重复步骤3, 知道输出为2v。
验收准则	
SUB CASE1: 步骤2: DUT发送响应报文; 步骤4: 在地电压偏移范围为[-2, 2]v内, DUT的通信不受影响DUT能够正确发送TST_FRAME_2_Rx的响应。	

15 错误故障监测

15.1 [TG10\_TC1]checksum 错误监测

表46

测试内容	
用例编号	[TG10_TC1]
需求索引	/
测试目的	观察校验场被干扰后DUT的responseError位是否置为1
测试步骤	SUB CASE1: 1. 设置测试工具CANoe为主节点 (configuration/hardware configuration选择master mode和master resister); 2. 利用canoe发送TST_FRAME_2_Rx报头, 干扰DUT发送的响应场的校验场; 3. 重新发送TST_FRAME_2_Rx, 观察DUT响应场的responseError位; 4. 重复2-3步骤5次。
验收准则	
SUB CASE1: 步骤3: DUT发现错误后, 在下一个想用报文中, 响应的responseError置为1; 步骤4: DUT正常通信。	

15.2 [TG10\_TC2]数据场故障监测

表47

测试内容	
用例编号	[TG10_TC2]
需求索引	/
测试目的	观察数据场被干扰后的DUT的ResponseError位是否置为1
测试步骤	<p>SUB CASE1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）；</li> <li>2. 供电电压设置为13.8v；</li> <li>3. 利用canoe发送TST_FRAME_2_Rx报头，干扰DUT发送的响应场中的数据场的任意位；</li> <li>4. 重新发送TST_FRAME_2_Rx，观察DUT响应场的responseError位；</li> <li>5. 重复2-3步骤5次。</li> </ol> <p>SUB CASE2:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置测试工具CANoe为主节点（configuration/hardware configuration选择master mode和master resister）；</li> <li>2. 供电电压设置为13.8v；</li> <li>3. 利用canoe发送TST_FRAME_2_Rx报头，干扰DUT发送的响应场中的数据场的结束位；</li> <li>4. 重新发送TST_FRAME_2_Rx，观察DUT响应场的responseError位；</li> <li>5. 重复2-3步骤5次。</li> </ol>
验收准则	
<p>SUB CASE1:</p> <p>步骤4: DUT发现错误后，在下一个响应报文中，响应的responseError置为1；</p> <p>步骤5: DUT开始正常通信；</p> <p>SUB CASE2:</p> <p>步骤4: DUT发现错误后，在下一个响应报文中，响应的responseError置为1；</p> <p>步骤5: DUT开始正常通信。</p>	



编制：

校对：

审核：

标准化：

批准：

版本： 01