

LKA FUNCTION SPECIFICATION

LKA 功能描述

Contents

History	4
Abbreviations	5
1 功能描述	6
1.1 功能介绍	6
1.2 可配置性	6
1.3 设定	6
1.3.1 传感器设置	6
1.3.2 功能分配	7
1.4 基础应用	7
1.4.1 限制的 hands-off	7
1.4.2 车道居中	7
1.5 解除应用的场景	9
1.6 不特殊支持的场景	11
1.6.1 概述	11
1.6.2 特征场景	11
1.7 不支持的场景	11
1.7.1 综述	11
1.7.2 特征场景	12
1.8 驾驶支持	13
1.8.1 综述	13
1.8.2 横向控制支持	13
1.9 可用驾驶车道	14
1.10 功能状态及迁移条件	14
1.10.1 功能状态	14
1.10.2 状态迁移条件	15
1.11 附加功能行为	19
1.11.1 任意边界功能行为	19
1.11.2 驾驶员交互/系统警告	19
1.11.3 驾驶员主动干预	20
1.12 功能-驾驶员交互 (TBD)	20
2 系统边界	20

- 2.1 输入信号 20
 - 2.1.1 车道检测 **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.1.2 车辆数据 20
- 2.2 输出信号 22
 - 2.2.1 横向控制请求 22
- 3 KPIs **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.1 KPI 定义 **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.2 验证 **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.2.1 应用项目 **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.3 KPI 值 **Error! Bookmark not defined.**

History

Date	Author Name	Description	Revision
12/18/2018	Rongkuan Zhou	Initial	1.0
12/19/2018	Rongkuan Zhou	<ol style="list-style-type: none"> Deleted 2.1.1 Changed Max curvature value in 1.10.2.4 Add Both lane invalid in 1.11.1 Add 21- 24 in 1.10.2.3 Table5 CAN Signals Changed (It will be decided after HMI scheme make sure.) Deleted some content of 1.8.2 Add 1.4.1 	1.1
12/25/2018	Rongkuan Zhou	<ol style="list-style-type: none"> Add condition 5 in 1.6.2.3 Deleted 1.6.2.2 Recover MaxEgoCorridorBridgeDistance OR MaxEgoCorridorBridgeTime condition in 1.4.3 and 1.11.1 Change 1.9 content Add 19th, 20th and 21st condition of 2.1.1 Delet the 3rd use case in 1.4.3 Add the 25th of 1.10.2.2 Add 22th and 23th in 2.1.1, Add 2nd in 2.2.1 	1.2

Abbreviations

Abbreviations	Description
LKA	Lane Keep Assistant
EPS	Electrical Power Steering
DMC	Dynamic Motion Control

1 功能描述

交通堵塞辅助系统的主要使用场景是高速公路上在期望车道内行驶。SAEAutomationLevel 指代 SAE 自动化级别。

自车纵向及横向控制的速度范围分别定义为 MinEgoSpeedLongLat 及 MaxEgoSpeedLongLat

Table 1

Parameter	Value	Description
SAEAutomationLevel	2	The supported SAE level of automation
MinEgoSpeedLongLat	0 KPH	Minimum ego speed for longitudinal and lateral control
MaxEgoSpeedLongLat	150 KPH	Maximum ego speed for longitudinal and lateral control

1.1 功能介绍

车道保持辅助功能（LKA）辅助驾驶员驾驶车辆保持在当前车道居中行驶，可以增加驾驶的舒适性和安全性。另外，系统在任何时候都可以被驾驶员轻松接管。

1.2 可配置性

LKA 功能提供可配置性以实现某特定需求。以下功能提供了可配置性的摘要：

- 1) 可支持功能
 - a. 最大及最小速度，包括迟滞效应
 - b. 纵向加速度/减速度
 - c. 车道曲率限制
 - d. 虚拟车道线激活
- 2) 驾驶员交互配置
 - a. 驾驶员主动介入监测
 - b. 驾驶员脱手警告时间/ 请求驾驶员接管时间
- 3) 横向控制请求
 - a. 控制请求强度(例如，舒适的 EPS 转向请求幅值及梯度 限制)
 - b. 控制请求的横向加速度梯度

程序变种可通过调整配置参数来适应不同的市场、地区和车辆平台：

- 1) 一组初始程序的参数可调整适用于客户的不同需求，并可根据客户需求进行扩展
- 2) 例子：
 - a. 一个车辆平台配备有不同的转向部件
 - b. 一个软件版本应适用于具有不同车辆动态特性及行为的不同车辆平台

1.3 设定

1.3.1 传感器设置

必备传感器组件（环境感知）：

单目摄像机

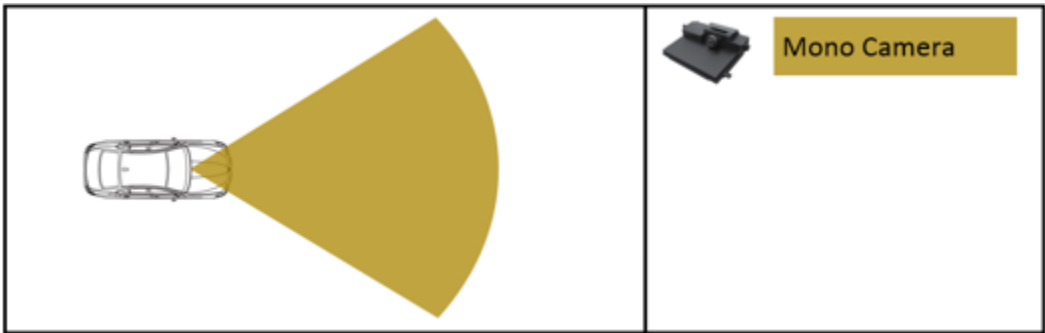


Figure 1 LKA sensor setup

1.3.2 功能分配

应用项目的功能分配。

- 1) 功能核心组件分配在单目摄像机主机（MFC431）上
- 2) 横向控制执行器（例如 EPS）承载功能安全限制器来始终确保可控性

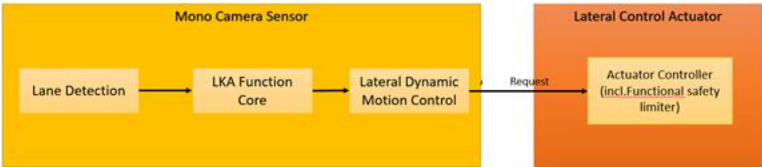


Figure 2 Function allocation

1.4 基础应用

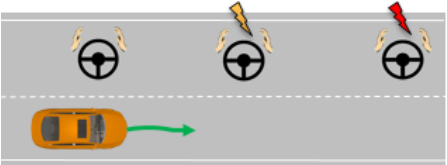
1.4.1 不受限制的 hands-off



Speed Range	Min: 0 kph	Max: 10 kph
Scenario	Lane Centering / Object Following	

Figure 3

1.4.2 限制的 hands-off



Speed Range	Min: 10 kph	Max: 150 kph
Scenario	Lane Centering / Object Following	

Figure 4

1.4.3 车道居中

当自车速度在 MinEgoSpeedLaneCenterLat 与 MaxEgoSpeedLaneCenterLat 之间时可激活车道居中模式。

LKA 功能辅助驾驶员驾驶自车在检测到的驾驶道路里居中行驶。在检测和控制范围以内，LKA 功能不会引起车辆离开驾驶车道。

若检测到有效的车道空间，则 LKA 功能可以将自车置于车道中央。

时间有限的 hands-off 在此状态下仍然是可行的，参见驾驶员 Hands-Off.

自车车速在 MaxEgoCorridorBridgeSpeed 以下，可进行车道线的虚拟，车道虚拟的时间不能超过 MaxEgoCorridorBridgeTime 或距离不能超过 MaxEgoCorridorBridgeDistance。

若自车车速大于 MaxEgoCorridorBridgeSpeed，或者车辆处于虚拟车道线状态的时间超过 MaxEgoCorridorBridgeTime 或距离超过 MaxEgoCorridorBridgeDistance，则 LKA 功能退出。

自车驾驶员必须避免与周围车辆的碰撞。在这些情况下，LKA 功能不会警告驾驶员。

Table 2 General Lateral Lane Centering Control Parameter

Parameter	Value	description
MinEgoSpeedLaneCenterLat	0 km/h	Min ego speed for lateral lane centering mode
MaxEgoSpeedLaneCenterLat	150 km/h	Max ego speed for lateral lane centering mode
MaxEgoCorridorBridgeSpeed	150 km/h	Max speed to bridge a lost corridor
MaxEgoCorridorBridgeTime	10 s	Max time to bridge a lost corridor using a target object
MinEgoSpeedTargetFollowLat	0 km/h	Min ego speed for later target follow mode
MaxEgoSpeedTargetFollowLat	60 km/h	Max ego speed for later target follow mode
MaxEgoCorridorBridgeDistance	100m	Max distance to bridge a lost corridor

1) 两侧车道标记下的车道居中


	Speed Range	Min: 0 kph	Max: 150 kph
	Scenario	2 Lane Markers	

Figure 5

2) 一侧车道标记一侧虚拟车道线下的车道居中

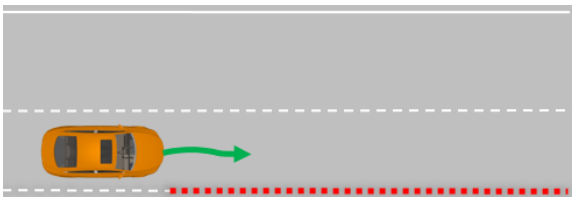
	Speed Range	Min: 0 kph	Max: 150 kph
	Scenario	1 Lane Marker + 1 Virtual Lane	

Figure 6

3) 弯道的车道居中

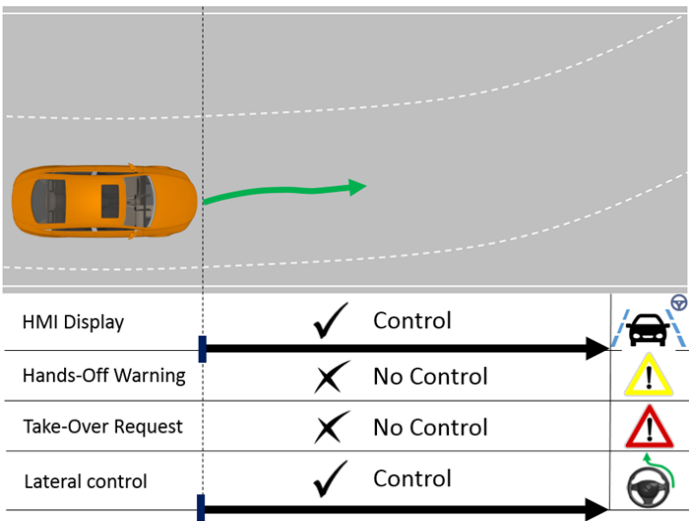


Figure 8

1.5 解除应用的场景

1) 车道过窄



Figure 9

2) 车道过宽



Figure 10

3) 不连续车道标记



Figure 11

4) 转向信号激活



Figure 12

5) 警示灯激活



Figure 13

6) 驾驶员主动干预

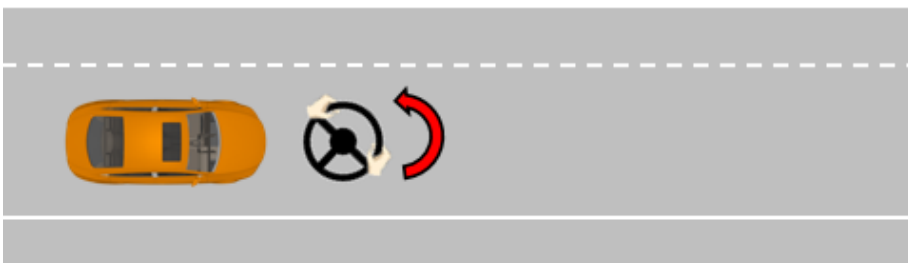


Figure 14

7) ABS/ESC 激活



Figure 15

1.6 不特殊支持的场景

1.6.1 概述

在定义的操作条件下，LKA 功能没有明确限制驾驶员可以激活横向及纵向控制的环境和场景。尽管 LKA 功能可能可以应用到比定义的应用范围更广泛的场景中，但性能仅在非常基本的场景中才有效。驾驶员将被要求接管车辆的控制以处理这些情况。

1.6.2 特征场景

1.6.2.1 非高速的自车驾驶

在非高速道路上的驾驶是没有特殊支持的。非高速道路包括但不限于：

1. 城市道路
2. 二级公路，服务道路
3. 土路，乡村道路
4. 停车场，私家车道
5. 入口/出口匝道

虽然在这些场景下 LKA 功能可以被激活，但该功能无法处理所有与此相关场景和条件。

1.6.2.2 恶劣天气/光照条件

以下天气和光照条件不受特殊支持。在以下条件下 LKA 功能的性能和可用性可能会受到限制：

1. 道路上的污垢、雪、冰、冰雹、水
2. 冰雪、冰雹
3. 强光
4. 雾
5. 中到大雨

驾驶员可能需要接管车辆的控制。

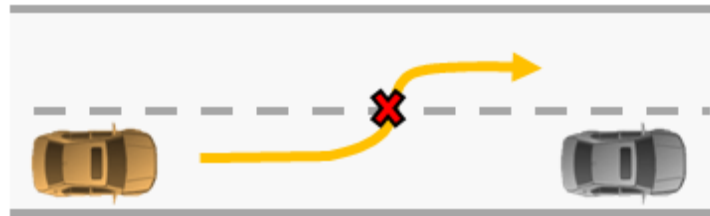
1.7 不支持的场景

1.7.1 综述

LKA 功能不支持以下场景，但是 LKA 功能可以被激活。车辆的驾驶员可能需要接管车辆的控制以处理这些情况。

1.7.2 特征场景

1.7.2.1 自车变换车道



**Automated / Automatic Lane Change
is not supported**

Figure 17

LKA 功能不支持车辆的半自动或自动车道变换。驾驶员必须手动执行车道变换。当 LKA 功能检测到驾驶员的主动介入，则横向控制暂时禁用，直到 LKA 功能激活条件再次被满足。

1.7.2.2 自车可用车道限制



A. Subject corridors defined by road-side objects are not supported (cones, walls, barrels, cars, banks, etc)



B. The end of the driving corridor is not explicitly detected or handled

Figure 18

自车的可用车道必须由车道标记明确定义。不支持驾驶道路侧边物体/基础设施来定义可用车道。

自车行驶的车道末端不由 LKA 功能处理。

1.7.2.3 更多不支持的场景

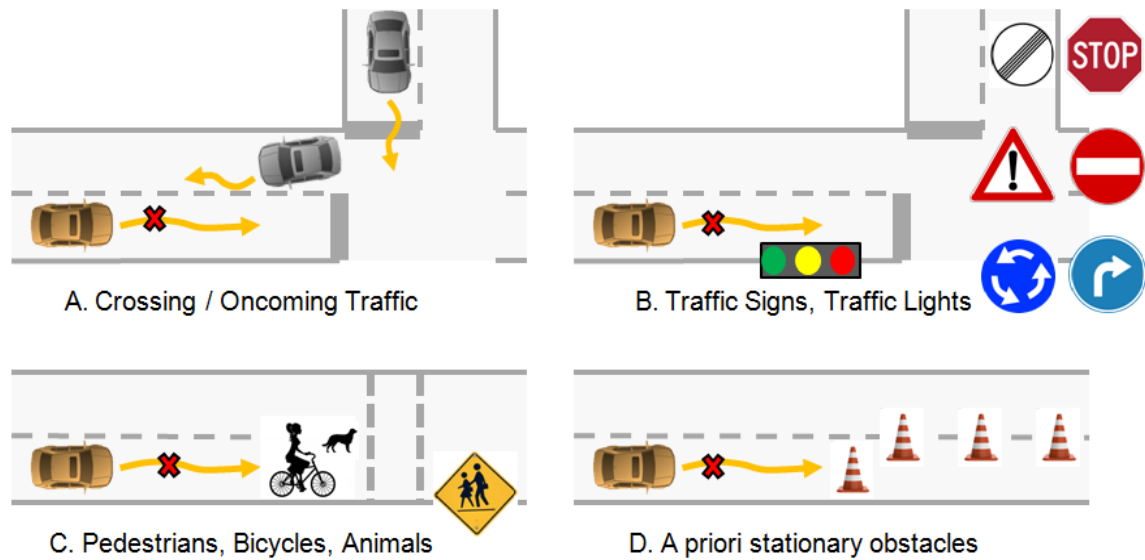


Figure 19

1.8 驾驶支持

1.8.1 综述

为了避免驾驶员将 LKA 功能作为高度自动化的驾驶系统来进行体验，LKA 的横向及纵向功能支持是受限的。这样驾驶员在典型驾驶条件下会存在系统限制，尤其是在不（特殊）支持的场景和环境中。这种限制的目的是让驾驶员意识到自身引导车辆并随时准备接管车辆控制的责任。

1.8.2 横向控制支持

若转向扭矩不足，LKA 功能不会要求驾驶员进行干预。该策略的目的是避免驾驶员在系统中的过度依赖。

道路设计定义了正常驾驶条件下车辆路径的边界。道路的速度限制取决于例如道路水平曲率，倾斜角度，侧面摩擦系数和视距这些因素。在正常驾驶条件下，LKA 功能应提供至少达到非极端道路设计和地面条件下当前速度可预期的最大曲率的支持。

由 LKA 功能施加在方向盘扭矩被横向加速度所限制。因此，如果自车车速 $[v_{Ego}]$ 增加和/或曲率半径 $[R]$ 减小，则横向支持减小。

自车的速度影响着对横向加速度限制的可用转向支持。所使用的传感器的检测性能限制了最大可能的转向支持。仅当曲率半径大于摄像机特定值（例如 150m $[Cam R_{min}]$ ）时，摄像机才能检测车道标记。当道路曲率半径不满足此条件时，LKA 功能不能持续提供车道居中的支持。

1.9 可用驾驶车道

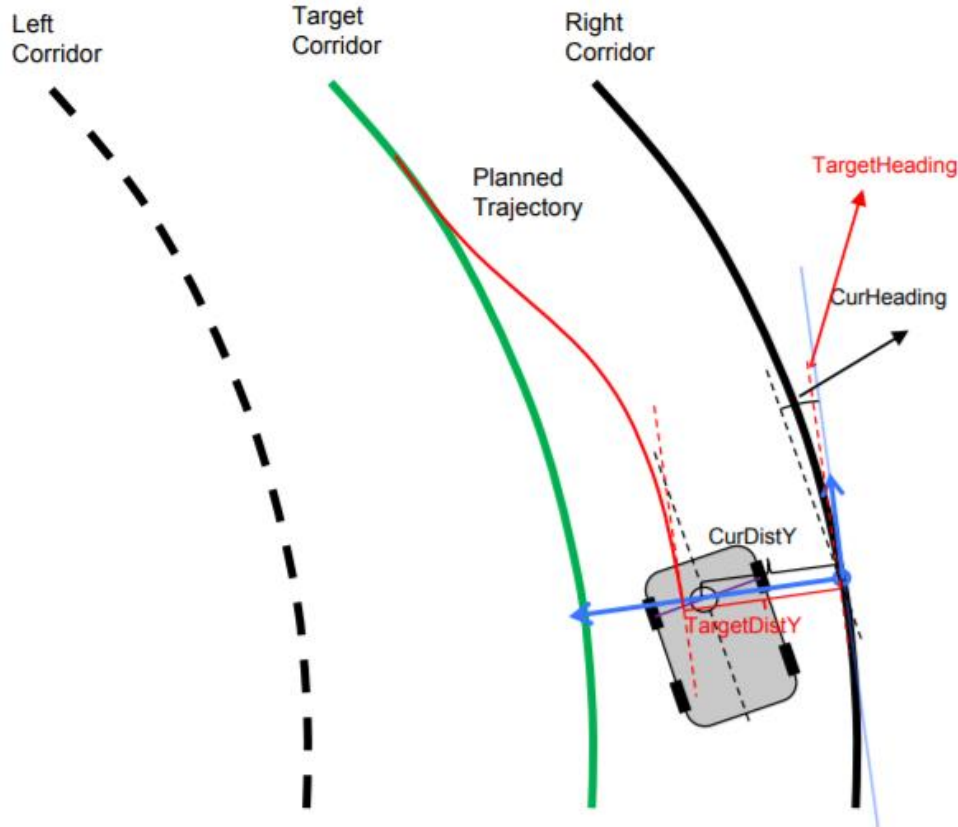


Figure 20

可用驾驶车道是自车可用的空间。可用车道的边界是由自车当前使用的车道标记来定义的。对于 LKA 功能使用的可用车道，此车道的宽度必须大于或等于 **MinCorridorWidth**。若未检测到某一侧车道线，但该车道线在之前能够检测到，并且有储存的（学习的）车道宽度的情况下，LKA 可继续工作，这种模式仅在限定时间内（**MaxEgoCorridorBridgeTime**）和限定距离内（**MaxEgoCorridorBridgeDistance**）可用。

Table 4 General Lateral control parameter

Parameter	Value	description
EgoSpeedTolerance	2 km/h	Tolerance for ego speed
MinCorridorWidth	2.5 m	Minimum corridor width for lane following mode
CorridorWidthTolerance	0.2 m	Corridor width tolerance

1.10 功能状态及迁移条件

1.10.1 功能状态

LKA 核心函数实现具有以下状态的状态机：

- 1) **Function_Deactive**: Function Deactivated 状态是 LKA 功能关闭的状态
- 2) **Function_Active**: Function Activated 状态是 LKA 功能由驾驶员打开的状态

- a. **Function_Standby:** Function Standby 状态是 LKA 功能被驾驶员打开，但由于未满足条件，不能提供横向控制支持的状态
 - b. **Function_Controlling:** Function Controlling 状态是 LKA 功能为驾驶员提供横向控制支持的状态
 - i. **Function_Lane_centering:** Function Lane Centering 状态是 LKA 功能为驾驶员提供横向控制支持以保持车道居中的状态
- 3) **Function_Error:** Function Error 状态是 LKA 功能遇到错误且不应被激活的状态

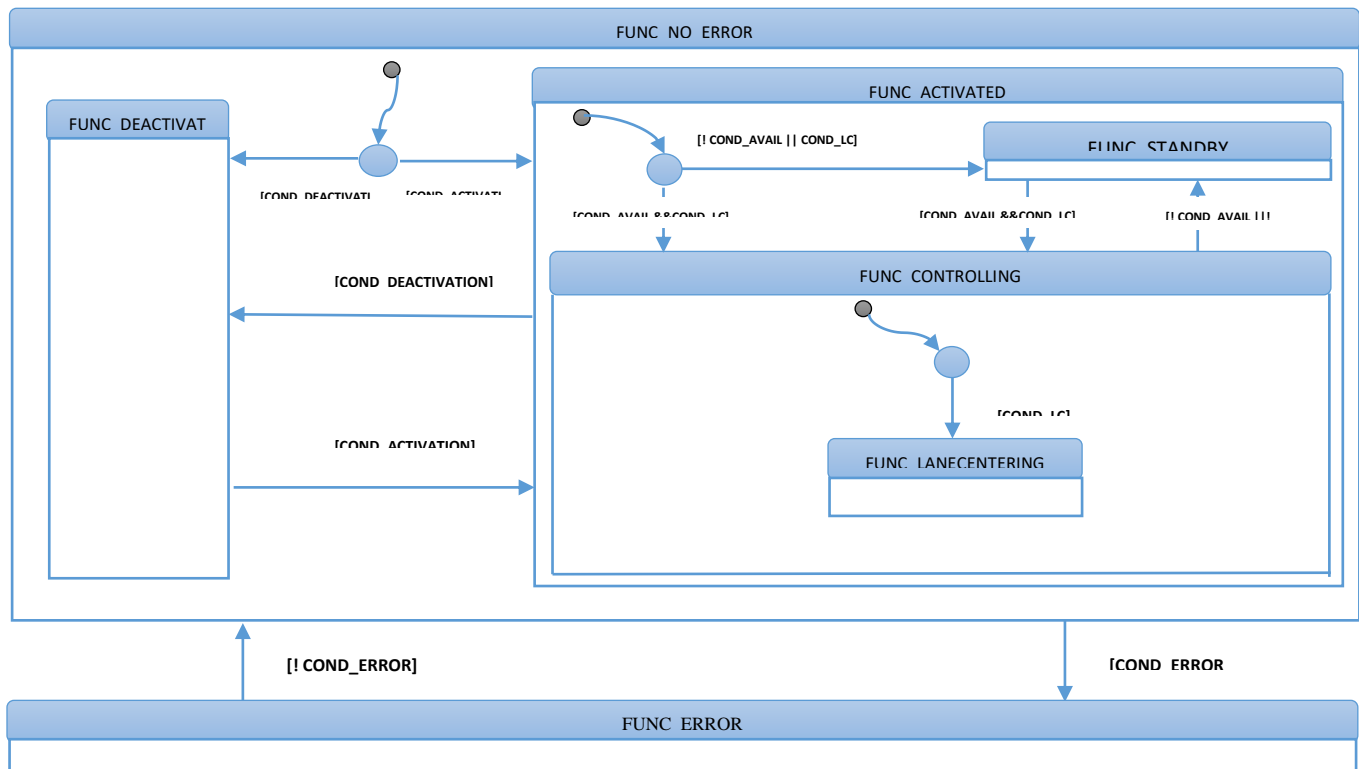


Figure 21 LKA State Machine

状态机应以周期（60ms）来验证状态切换的前提条件，并根据条件进行状态切换。

1.10.2 状态迁移条件

1.10.2.1 COND_DEACTIVATION 未激活状态

若满足以下条件中的至少一个，则满足未激活状态条件：

1. 功能未配置
2. 功能被关闭(LaneAssitSwAct = 1)

注意：在下列情况下，LKA 功能可被关闭：

1. 由驾驶员关闭(LaneAssitSwAct = 1)
2. HMI 通过默认关闭设置关闭(tbd)
3. 检测到系统错误时关闭 (TBD)

1.10.2.2 COND_ACTIVATION 激活状态

若满足以下所有条件，则满足激活状态条件：

1. 功能已被配置
2. 功能由驾驶员打开(LaneAssitSwAct = 2)

1.10.2.3 COND_AVAIL 可用状态

若满足以下所有条件，则满足可用状态条件：

1. 车门关闭
DDAjrSwAtv == 0x0
2. 在考虑到滞后效应的前提下，自车车速在有效范围之内
Valid range = [0, 150] KPH
Hysteresis = 5 KPH
3. 转向指示灯未被激活
TrnSwAct == 0x0
4. 警示灯未被激活
HzrdLgtAtv == 0x0
5. 驾驶员双手放在方向盘上（检测到 Hands On）
6. 驾驶员系好安全带
DrSbltAtc == 0x1
7. 自车向前行驶
8. 自车纵向加速度小于阈值(2.95 m/s^2)
9. 自车纵向减速度小于阈值(-5 m/s^2)
10. 自车横向加速度小于阈值(2.95 m/s^2)
11. ABS 可用
ESCFld=0
12. ABS 没有进行干预
ABSAtv=0
13. ESC 可用
ESCFld=0
14. ESC 没有进行干预
VSEAtv=0

15. TSC 可用

ESCFld=0

16. TSC 没有进行干预

TCSysAtv=0

17. 转向角速度大于阈值

18. 驾驶员没有接管方向盘

19. 自动泊车系统不在激活状态

20. EBA 功能不在激活状态

21. 油门踏板速率没有过高

1.10.2.4 COND_LC 车道居中状态

若满足以下所有条件，则满足车道居中状态条件：

1. 在考虑到迟滞效应的前提下，自车车速在有效范围之内

Valid range = [0, 150] KPH

Hysteresis = 5 KPH

2. 自车车道应存在

3. 在考虑到迟滞效应的前提下，自车车道宽度在有效范围之内

Valid range = [2.5, 4.3] m

Hysteresis = 0.14 m

4. 自车车道的曲率等于或小于最大容许曲率阈值(1/150) 1/m

1.10.2.5 COND_ERROR 错误状态

若满足以下条件中的至少一个，则满足错误状态条件：

1. 该功能的错误处理检测到错误，需要立即关闭该功能

注意：相关的错误是

1. 必须的输入信号质量故障

2. 必须的输入信号通信故障

Table 5 LKA Transition Condition

Current State	Target State	Transition Condition	CAN Signals
Initial	FUNC_DEACTIVE	COND_DEACTIVATION (LaneAssitSwAct = 1)	LKASa = 0x0=Off 0x1=Standby 0x2=Active 0x3=TJA Active 0x4=Fault
Initial	FUNC_ACTIVE	COND_ACTIVATION (LaneAssitSwAct = 2)	LKASa = 0x0=Off 0x1=Standby 0x2=Active 0x3=TJA Active 0x4=Fault
FUNC_DEACTIVE	FUNC_ACTIVE	COND_ACTIVATION (LaneAssitSwAct = 2)	LKASa = 0x0=Off 0x1=Standby 0x2=Active 0x3=TJA Active 0x4=Fault
FUNCTION_ACTIVE	FUNC_STANDBY	!COND_AVAIL (!COND_OF && !COND_LC)	LKASa = 0x0=Off 0x1=Standby 0x2=Active 0x3=TJA Active 0x4=Fault
FUNCTION_ACTIVE	FUNCTION_CONTROLLING	COND_AVAIL && (COND_OF COND_LC)	LKASa = 0x0=Off 0x1=Standby 0x2=Active 0x3=TJA Active 0x4=Fault
FUNC_STANDBY	FUNCTION_CONTROLLING	COND_AVAIL && (COND_OF COND_LC)	LKASa = 0x0=Off 0x1=Standby 0x2=Active 0x3=TJA Active 0x4=Fault
FUNCTION_CONTROLLING	FUNC_STANDBY	!COND_AVAIL (!COND_OF && !COND_LC)	LKASa = 0x0=Off 0x1=Standby 0x2=Active 0x3=TJA Active 0x4=Fault
FUNCTION_CONTROLLING	FUNC_LANE_CENTERING	COND_LC && !COND_OF	LKASa = 0x0=Off 0x1=Standby 0x2=Active 0x3=TJA Active 0x4=Fault
FUNC_NO_ERROR (From Any state)	FUNC_ERROR	COND_ERROR	LKASa = 0x0=Off 0x1=Standby 0x2=Active

			0x3=TJA Active 0x4=Fault
FUNC_ERROR	FUNC_NO_ERROR(From any state)	!COND_ERROR	LKAS _{ta} != 0x0=Off 0x1=Standby 0x2=Active 0x3=TJA Active 0x4=Fault

1.11 附加功能行为

1.11.1 任意边界功能行为

若 LKA 功能处于控制状态且车道中有一条变得不可用，则该功能应保持不超过 MaxEgoCorridorBridgeTime 或 MaxEgoCorridorBridgeDistance 的控制状态。

若 LKA 功能处于控制状态且车道中有一条变得不可用，则该功能应保持在控制状态，直到完成以下步骤：

- 1. 自车行驶 MaxEgoCorridorBridgeDistance 或 MaxEgoCorridorBridgeTime
- 2. 自步骤 1 完成后已过去 1 秒

在步骤 2 之后，若只有一条车道可用，则该功能将逐渐退出控制。

若 LKA 功能处于控制状态，且双侧车道均不可用，则该功能应在 1s 后逐渐退出。

1.11.2 驾驶员交互/系统警告

1.11.2.1 Hands-Off 检测

Hands-on 为驾驶员手握方向盘。Hands-off 为驾驶员脱手,信号接收来自 EPS 的检测结果。

1.11.2.2 警告

系统警告可能会有以下这些值：

- 1. 无警告
- 2. 注意请求/Hands On 请求
- 3. 接管请求
- 4. 降级触发

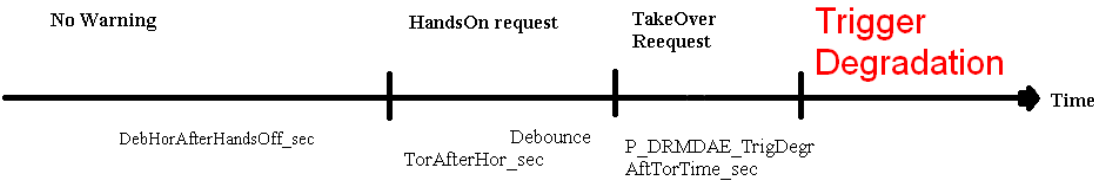


Figure 23 Attention Warning

Table 6 Attention Warning Time Parameters

C_DRVMN_DebHorAfterHands Off_sec	C_DRVMN_DebounceTorAfter Hor_sec	P_DRMDAE_TrigDegrAftTorT ime_sec
12	5	2

1.11.3 驾驶员主动干预

若 LKA 功能处于控制状态，且驾驶员手力矩施加到横向干预的相同方向，在最小时间间隔 0.15s 内高于阈值（3.5Nm），则该功能将逐渐退出控制。

若 LKA 功能处于控制状态，且驾驶员手力矩施加到横向干预的相反方向，在最小时间间隔 0.15s 内高于阈值（3.5Nm），则该功能将逐渐退出控制。

1.12 功能-驾驶员交互（TBD）

2 系统边界

LKA 功能的系统边界定义如下：

1. LKA 组件边界是 HW 组件边界（MFC431）-它考虑来自车辆总线的输入和输出
2. LKA 核心边界是 SW 边界-它考虑所有的 HW 组件（MFC431）内部信号。

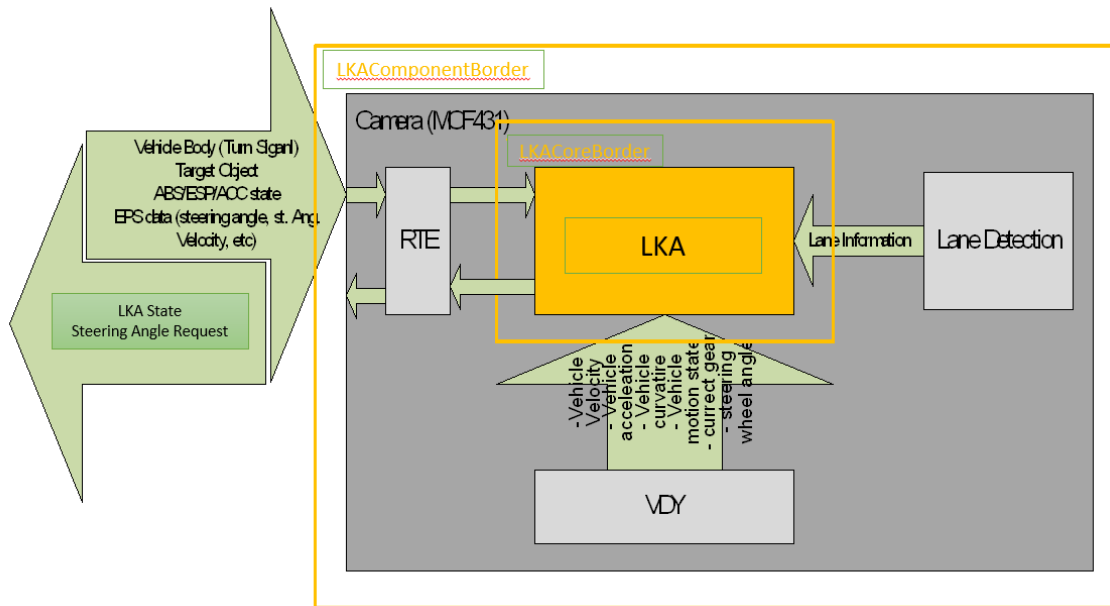


Figure 23 LKA State Machine

2.1 输入信号

2.1.1 车辆数据

1. 车辆速度[kph]
2. 车辆里程表速度[kph]

DispVehSpd

3. 车辆横摆角速度[deg/sec]

VehDynYawRate

4. 车辆横向加速度[m/s²]

VSELatAcc

5. 车身稳定系统纵向加速度

VSELongAcc

6. 车辆 4 轮转速[kph]

左驱动轮对地速度: WhlGrndVlctyLftDrvn

右驱动轮对地速度: WhlGrndVlctyRtDrvn

左从动轮对地速度: WhlGrndVlctyLftNnDrvn

右从动轮对地速度: WhlGrndVlctyRtNnDrvn

7. 车辆 4 轮旋转方向

左驱动轮方向: LDWhldDirec

右驱动轮方向: RDWhldDirecs

左非驱动轮方向: LNDWhldDirec

右非驱动轮方向: RNDWhldDirec

8. 驾驶员转向扭矩[Nm]

DrvStrTorq

DirctnOfStrTorq

DrvStrTorqV

9. 方向盘转向角[Deg]

StrWhAng

10. EPS 发送的 LKA 控制激活

LKACntlAtv

11. EPS 的 LKA 控制状态

EPSLKACntlSta

12. 主动安全系统状态 (ABS, ESP 等)

ESCFId

VSEAtv

ABSAtv

TCSysAtv

13. 车门打开信息

DDAjrSwAtv

PDAjrSwAtv

LSDAjrSwAtv

RSDAjrSwAtv

14. 驾驶员安全带信息

DrSbltAtc

DrSbltAtcV

15. 车辆档位

AutoTransComndGear

16. 转向灯信息

HzrdLgtAtv

TrnSwAct

17. 车辆外形尺寸

18. 油门踏板实际位置

AccPos

AccPsV

19. EBA 工作状态

AEB_Active

20. 自动泊车系统状态

APASa

21. 方向盘转速[Deg/s]

StrWhAngVel

22. 其他

2.2 输出信号

2.2.1 横向控制请求

1. 横向控制时通过以下接口/执行器配置来实现的:

a. EPS 执行器

i. 电机扭矩接口

2. LaDMC
3. 总线延迟(从发送端发出数据到接收开始执行): $\leq 60\text{ms}$
4. 报文发送周期: 10ms