



ON Semiconductor®

車載イメージセンサにおける 機能安全の評価



ON Semiconductor®

車載イメージセンサにおける機能安全の評価

要約

今日あるいは近い将来の先進運転支援システム(ADAS)は、意思決定のため主としてマシンビジョンに基いて構築されているものが大半です。ADASソリューションの急増と乗用車向けISO26262安全規格の導入に伴い、これらイメージングシステムの機能安全を検討することが最重要となっています。安全対策の実装と検証の方法は、コスト、信頼性、複雑性などのシステム設計全体に重要な影響を及ぼします。本資料では、イメージング・サブシステムの機能安全とそのシステム設計の関係について解説します。

はじめに

リアビュー・カメラが初めて車載向けに登場したのは1991年で、主に安全にバックするための補助機能でした。2004年に、オン・セミコンダクターは最初の自動車アプリケーション用CMOSセンサを発表しました。米国では、米国運輸省道路交通安全局(NHTSA)が、新たな乗用車にはすべて、2018年5月までに後方確認カメラを装着することを義務付けました。自動車メーカーは現在、車両の安全性をさらに高めるため、自動運転のレベル向上に向けた具体策を講じ始めています。レーンキープアシスト、アダプティブ・クルーズコントロール、および衝突回避のための自動ブレーキなどADASの機能が真の自動運転へと進化する中、カメラは量産車にも装着され始めています。ほとんどすべてのADASシステムで、最も重要なセンサはイメージセンサです。ADASシステムが支援から自動化へと進化するのに伴い、車両操作の安全性はますますイメージング・サブシステムの信頼性に依存することになるでしょう。

このトレンドの背景には、ADASおよび自動運転システムの安全性レベルを確保する上で、イメージセンサがシステム全体の機能安全において重要部品になるという事実があります。ISO26262の導入に伴い、自動車の安全性レベル(ASIL)の概念が定義されました。ASILのレベルには、ASIL-A(最低)からASIL-D(最高)までの範囲があります。ASILのレベルは、故障の重大性、故障の発生頻度、故障の影響を制御する能力の3つの要因によって決定されます。本資料では、イメージセンサに関係する機能安全の問題点について調査し、故障モード、およびイメージセンサの故障を検出、保護、および/または修正するために実装可能な安全メカニズムについて分析します。システムの安全性能に影響を与える主要指標には、検出能力、遅延時間、効率、影響度などがあります。

半導体デバイスの故障は、宇宙線、エレクトロマイグレーション、初期不良、その他多くの原因によって生じます。本資料の目的は、イメージセンサの故障原因の分析ではなく、故障の性質、故障検出の方法(安全メカニズム)、およびその有効性を分析することです。また、故障検出率に関する主張と手法を識別する要因のいくつかについても議論します。

機能安全

ADASシステムに機能安全を導入するには、危害を及ぼす可能性がある動作や挙動はすべてシステムによって防止し、抑制できる必要があります。システムの故障によって起こる危害の発生頻度や危害の過酷度の評価により、システム設計者はリスクのレベルを分類でき、リスクを最小化するための適切な対策を講じることができます。

このためには、往々にして根本的な変革が必要となります。つまり、開発プロセスを変革するだけでなく、組織構造から安全管理者、安全文書、マニュアル、基準に至るまで企業の安全文化の変革が必要となるのです。システムの機能安全の準拠に対しては、ADASのサプライヤだけではなく、OEMから部品メーカーまでのサプライ・チェーン全体が責任を負う必要があります。堅牢な機能安全を実現するには、システム内で安全に関係するあらゆる主要部品が全体の機能安全に寄与するものでなければなりません。具体的に言えば、安全は原点から始まるのです。

特定の故障によって発生するリスクを最小化するために、システム設計者は、車両の安全性に影響する可能性がある故障モードを特定し、リスクを抑制するための適切な対応を決定する必要があるのは言うまでもありません。このプロセスの重要な点は、システムの安全動作に影響を与えるおそれがあるすべての構成部品を特定することです。このような構成部品それぞれについて、発生する可能性がある故障モードを分析し、システムの故障につながるかどうかを見極める必要があります。故障モードを特定できた場合は、その故障を検出、修正し、システムを保護するためのメカニズムを実装できます。

システムに安全メカニズムを実装すると、ソリューションのコスト、信頼性、複雑性、およびシステムへのリスク抑制の有効性に対して非常に大きな影響を与えます。単純な故障の検知警報から故障発生から保護するメカニズム、さらには既に発生した故障を実際に修正するメカニズムまで、さまざまなレベルの安全メカニズムの実装が考えられます。システム部品を慎重にバランスよく選択することによって、より最適で効果的に実装できます。

機能安全のコンセプトをさらに検討するためには、故障を定義する必要があります。ADASの場合には、一般に、故障とはシステムが不正な、あるいは、最適ではない決定を行なう状態である、という定義が受け入れられています。望ましくない決定の例には、ブレーキの遅れ、オーバーステアリング、物体識別の誤り、意図しない加速が含まれます。

イメージセンサとADASアプリケーション

イメージセンサは、ADASシステムの中核部品であり、あらゆるビジョンシステム・データの一次データ源です。イメージセンサは、システムの他の部分が環境を分析し、車両の動作を決定するために使用する生データを提供します。実質上、イメージセンサは自動運転車の目に相当します。レーダーやライダーなど他のセンサも使用される可能性がありますが、一次データ源はイメージセンサです。センサに加えて、ADASシステムの他の部品には、画像処理、分析、意思決定機能を実行する構成部品が含まれます。

前述のように、代表的なADASシステムに使用されるイメージセンサの数は急増しています。単純な前方監視カメラから全周囲サラウンドビュー・システムまで、車両に搭載されるカメラの数は、1台から10台以上になる可能性があります。センサの故障の影響は故障の性質によって決まり、軽微なものから生命に関わる重大なものまで様々です。システムがイメージセンサの個々の故障を検出、保護、修正する能力は、システム全体の安全と信頼性に重要な影響を及ぼします。

CMOSイメージセンサの中核は、行と列に配置された感光ピクセルの長方形アレイです。これらのピクセルは、ピクセルごとに設けられたアナログ回路によって入射光を電圧または電流に変換します。次に、電流/電圧は通常1行ずつ順にデジタル値に変換されます。デジタルロジック回路を付加することにより、データを蓄積し処理して、次の処理や解析のためにシステム内の他のデバイスに伝送することができます。

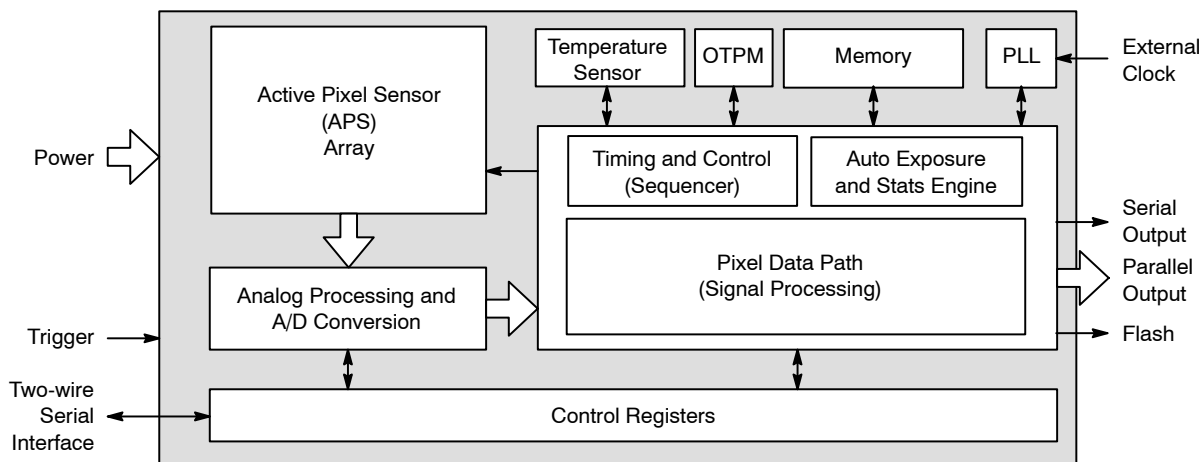


Figure 1. Block Diagram of a Typical Image Sensor

ADASアプリケーションでは、イメージセンサでキャプチャされたデータは通常、システムの意思決定に使用されるため、車両動作に影響を与えます。ADASシステムが複雑になるほど、この意思決定は、単純な聴覚や視覚による警告から、ブレーキやアクセル、ステアリング操作など、はるかに複雑な判断へと進化してきました。自動運転、準自動運転車におけるこの進化により、イメージセンサとその安全動作への依存度が高まっています。

イメージングアプリケーションにおける故障

イメージセンサの故障に関する極めて保守的な見解は、下図に示すように、「正常(フォルトフリー)」モデルまたは既知の良品デバイスと出力が異なる場合を危険側故障(アンセーフフォルト)として定義することです。これは、詳細レベルで考えれば、ピクセルレベルのエラーでさえ故障を引き起こす可能性があることを意味します。よりハイレベルでは、行、列、およびフレームのエラーも故障の原因となる可能性があります。アナログでもデジタルでも、デバイスの内部動作に問題があれば、ピクセル、行、列、またはフレームのエラーとして現れます。最終的に、センサからシステムの他の部分への物理的データ伝送にエラーがあれば、別の故障の原因となる可能性があります。ビデオ信号の動的特性により、故障は、空間的および時間的に、静的(状態が不変または固定)および動的の両方があります。

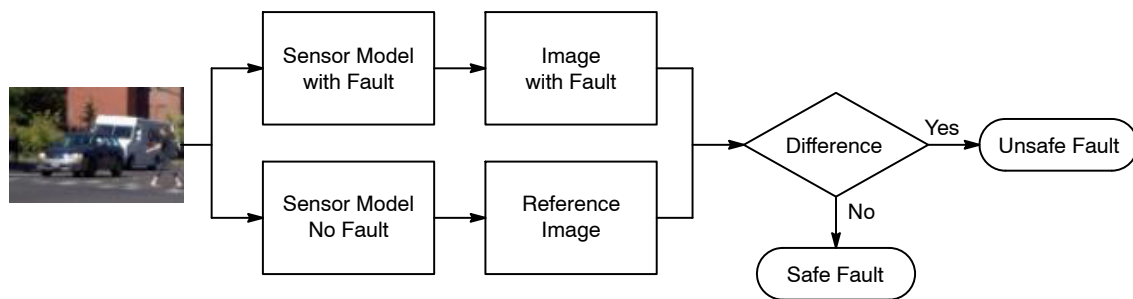


Figure 2. Flowchart to Determine Safe vs. Unsafe Faults

イメージセンサの故障について、この保守的な定義を取れば、故障の存在を検出することがシステム設計の課題となります。さらに、システムは、システム故障の発生に対する保護対策、または個々のセンサのエラーの修復あるいは是正措置を講じることになります。システムレベルの安全メカニズムとの関係を十分に理解するために、起こりうるいくつかのイメージセンサの故障モードと、これらの故障を検出するためのメカニズムについて検討しましょう。

個々のピクセルに影響を及ぼす故障は、ADASシステムにはほとんど影響を与えないと思われるかも知れません。しかし、最先端のオブジェクト検出アルゴリズムの多くでは、10ピクセル×10ピクセルより小さい画像サイズの物体を検出できるため、個々のピクセル・エラー、特にエラーが多数集中している場合は、オブジェクト識別アルゴリズムに影響を与える恐れがあります。また、ピクセル・エラーの一因となっている故障は、アレイ全体において一部のピクセルに影響を及ぼす可能性があります。ピクセル出力は、所定位置の光強度を表すデジタル値に変換されるため、故障は、静的または動的のいずれも不正な値を生じるエラーまたはデータの破損とみなすことができます。電源供給、デバイス欠陥、過剰ノイズ、または環境放射線などの要因でエラーが発生します。



Figure 3. Example of a Fault in the Clock System

イメージセンサのアレイの特性により、アレイの行/列構造に関連するロジック回路もデバイス欠陥の一因となる可能性があります。行または列が欠落したり重複している場合、情報が失われたり、シーンの描写が不完全になる場合があります。リアビュー・システムでフレームが繰り返されるなどの明白なエラーが発生すると、自動運転、準自動運転、および人間による運転によって致命的な結果につながる可能性があります。画像のフレーム、ピクセル、行/列、およびフレームデータのどれにもエラーが無い場合でも、伝送エラーが発生すると、データが対象の受信デバイスに到達する前に破損する可能性があります。この伝送エラーは、システムが検出できない様々な自然現象によって発生することがあります。

ここに記述した故障は、それぞれ数百の個別故障モードから成る一般的なカテゴリーの故障です。実際、イメージセンサには、文字通り数千の個別故障があり、故障が発生すると下流デバイスは不正データを受信する可能性があります。不正データに基づいて意思決定が行われると、安全リスクにつながることは言うまでもありません。結局、リスク抑制対策を講じるには、システムがこれらの故障の発生を特定し、検出できなければなりません。

故障検出における課題

イメージセンサの故障検出は簡単ではありません。イメージセンサの特性と複雑さにより、膨大な数の故障モードが発生する可能性があります。アナログ回路とデジタル回路が混在しているため、問題はさらに複雑になります。

ピクセル構造と、関連する電荷転送および読み出し回路は、本質的にアナログです。アナログ回路に関連する故障は、デジタル回路のものとは挙動が異なります。動作中、ピクセルはデジタル回路の縮退故障(論理ノードが“H”または“L”に「固定(縮退)」した時に発生)に似た故障を起こすことがあります。スタックピクセルのような故障は、ホストプロセッサで簡単に検出できるように思えます。しかし、センサの解像度が8Mピクセル以上にまで増加しているため、各フレームごとに与えられた時間内で、いくつもある故障状態のすべてに

ついて各ピクセルを検査すると、プロセッサのサイクル数とメモリが大量に消費されます。例えば、規格限界を超えるノイズなど、ある種のピクセル欠陥の検出は、システムレベルでも達成できない場合があります。ミッシングコード、ノイズ、非線形性など、アナログ／デジタル変換段での故障検出についても、ホストプロセッサやシステムレベルでは実行すべきでない、または不可能と考えられます。

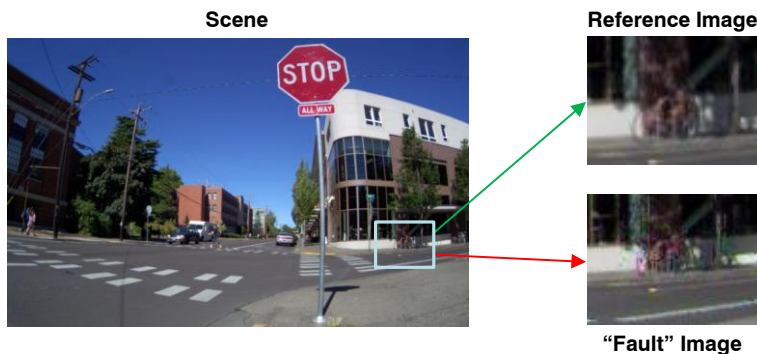


Figure 4. Example of a Fault in the Analog Pipeline

ピクセルレベルでのアナログ故障に加え、システムはピクセルレベルでのデジタル故障にも対処する必要があります。デジタルエラーによりピクセルデータが影響を受け、ビットのシフトを起こした場合、上位レベルの処理でもこれらのエラーを検出することは不可能です。同様に、ある種の色空間エラーが発生すると人間の目には簡単に見えても、コンピューティングデバイスはこの種の故障を検出できません。画像処理と伝送パイプラインでシステム故障が発生すると様々なエラー挙動が起こる可能性があり、必ずしもシステムで検出できるとは限りません。



Figure 5. Example of a Color Error due to an Image Pipeline Fault

行または列アドレッシングエラーなどの空間的エラーが起きると行の繰り返しが発生し、システムレベルで検出可能ですが、CPUサイクルとメモリを消費します。システムは、センサが行および列データを正しい順序で送出的ているかを保証できず、事実上それを確認する方法はありません。連続して送出される画像が以前の画像に類似しているかどうかを判定する一般的な方法はあるかも知れませんが、単にセンサの大まかな故障を示すに過ぎません。より軽微な故障も存在しますが、システムの検出能力の範囲外です。システムレベルでの検出が可能な場合でさえ、膨大な数の故障モードの原因を把握し、それらの検出に必要な分析を行なうことは、コンピュータの処理能力および不完全な故障検出能力の観点から実施すべきではありません。

検討すべき故障モードの最後の3つは、おそらく他のデジタル回路では、より一般的に見られるものです。第1に、センサから伝送されるデータは、ノイズが多く長い伝送媒体を経由する場合があるので、受信前に劣化しないようにする必要があります。第2に、センサ内のメモリとレジスタが確実に機能し、故障を確実に検出および修正できるようにすることです。第3は、センサの内部ロジックまたはステートマシンの故障です。



Figure 6. Example of a Fault in the Row Addressing Logic

第1の故障モードは、エラーチェック機能や誤り訂正符号化機能を内蔵したトランスミッタとレシーバを使用して解決できます。この方法では、少なくともシステムコストが増加します。第2の故障モードは、センサのレジスタとメモリの内容を周期的にシステムからチェックすることによって解決できますが、システムリソースを消費します。第3の故障モードは、画像データの壊滅的破損から、多数のフレームで徐々にフレームデータが破壊されるような、より緩やかな変化まで、広範な問題が発生します。前者は容易に検出できますが、後者はシステムレベルのチェックではまったく検出できません。

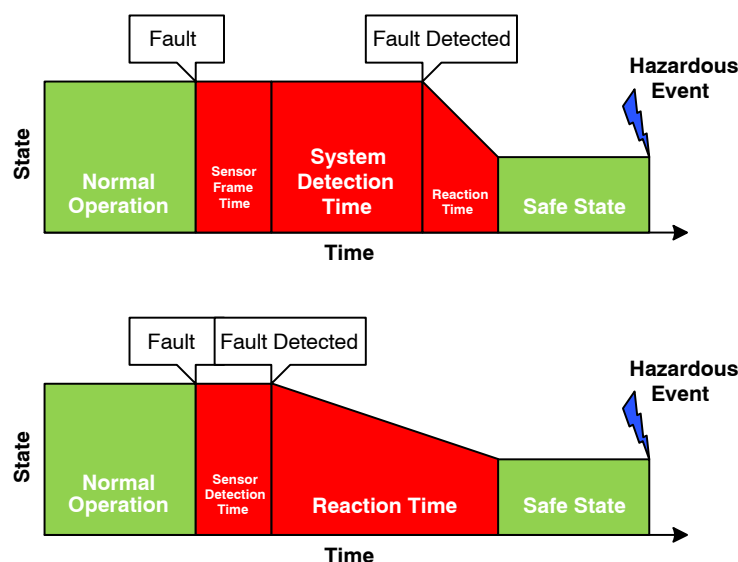


Figure 7. System-based Fault Detection Time vs. Sensor-based Fault Detection Time

考慮すべきもう一つの要因は、故障の発生から検出までの遅延です。一般に、故障検出時間間隔(Fault Detection Time Interval, FDTI)と呼ばれ、検出の遅れは、上図に示すように、故障の発生から危険事象が発生する前にシステムが安全状態に移行するまでの合計時間(フォルト耐性時間間隔、Fault Tolerant Time Interval, FTTI)に重大な影響を与えます。システムが一部あるいはすべての故障検出を実行する必要がある場合、合計FDTIにはセンサがシステムの次のステージにデータを伝送する時間とシステムがデータを受信し分析して最終的に故障の存在を検出する時間が含まれています。

検出すべき故障の規模に加え、システムレベルで検出できない故障、遅延時間と検出時間の増加、相当な計算時間およびメモリ要件、これらの診断をリアルタイムに実行する必要性などは、隠れたコストになります。システムレベルの故障検出を導入するためのコストは、いくつかの要因により発生します。まず、高性能なCPU、GPU、およびメモリの追加コストはもとより、故障検出のための診断アルゴリズムの開発コストも必要です。消費電力が増加するため、それに伴う放熱対策もコスト計算に入れるべき要素となります。これらのコストのすべてをかけたとしても、診断範囲に重大な弱点が残っている可能性があります。

結局、どのようなシステムレベルの故障検出メカニズムでも、システムの基本目標からリソースを流用することになります。システムの主要機能からリソースが流用されると、コスト増加、機能低下、複雑化が起こり、システムの有効性、応答性、効率に影響を及ぼします。安全メカニズムを集積化したセンサを使用することにより、システム設計者は、より効果的かつ効率的にリソースを主要目標に集中させることができます。

センサ側に取り込んだ機能安全の優位性

今日のセンサは幅広いテスト機能をデバイスに集積しています。規定のテストフレームを送出できるイメージセンサもあります。データのCRCチェックを実行すると、伝送中に発

生する可能性がある故障を検出できます。これは故障検出の有効な第一ステップですが、テストフレームは、必ずしも実際の画像キャプチャ・パイプラインの重要な部分を試験できるとは限りません。特にアナログ部分の試験は困難です。この種のチェックでは通常、伝送データパスの故障しか検出できず、センサ自体の故障は検出できません。さらに、この方法で検出できる故障は、どちらかといえば静的な故障です。最後に、テストフレームの生成には、一定時間だけセンサ(したがってシステム全体)をオフラインで使用します。これらの短所から、イメージセンサのピクセルレベルにおける故障をリアルタイムに検出する方法が必要なことがわかります。

ADAS(先進運転支援システム)または自動運転システム向けイメージセンサを検討する場合、アナログ故障検出率について十分に考察すべきです。より先進的なセンサは、最新のセンサでは全回路の50%以上を占めているアナログ部を診断する重要な機能安全メカニズムを備えています。アナログ診断検出率の水準が高いことが、堅牢なイメージセンサの機能安全に必須です。イメージセンサを差別化するシンプルな判断基準は、センサが対応しているアナログ安全メカニズムの数と言えます。アナログ安全メカニズムには、余分な計算が必要になるものがあるため、重要な要素は故障検出に必要な追加処理量です。より高度な安全メカニズムでは、所要計算量が少なく、境界チェックだけのこともあります。他方、それほど洗練されていない安全メカニズムでは、より複雑な数値計算処理が必要です。

安全を目指すもう一つのステップは、センサにフレームカウンタを内蔵することです。これにより、システムは何らかの理由でキャプチャに失敗した場合にそれを検出できます。ピクセルとラインをカウントして、センサがフレームごとに正しい行数と列数を伝送していることを検出すれば、さらに優れた故障検出率を達成できます。この方法で動的故障を捕捉できますが、列や行の欠落を検出した場合、故障はかなり重度で、当該フレームは使用不可と判定されます。

これらの故障モードでは、ランダム分布エラーから反復的エラーまたは固定エラーまで、様々な特性のエラーが発生するため、検出には多様なレベルの計算能力とメモリが必要です。エラー検出の1つ1つは、どのADASシステムのプロセッサでも効率的に実行できます。バックエンド処理で、どのような種類の故障でも検出可能ですが、フレームごとにあらゆる種類の故障を検出するには、今日入手可能な最高性能のプロセッサであっても非常に大きな作業になります。故障検出の多くを実行するセンサ内蔵の機能安全メカニズムがあれば、この非常に大きな計算負荷を、ステータスまたはヘルスインジケータのビットあるいはレジスタの簡単なチェックのレベルまで削減でき、実質上大きなシステム・リソースは消費しません。

システムの計算負荷を大幅に削減できるほか、センサ側で実施する診断では故障検出時間間隔(FDTI)も大幅に短縮できます。下図に示すように、イメージストリーム内で故障を通知することにより、検出時間は $T1 + T2$ から $T1$ だけに短縮できます。一般的な60フレーム/秒(fps)で動作している場合、検出時間が1フレームのセンサであれば、FDTIを約16 msに短縮

できます。これによりシステムに余裕ができ、利用可能な故障応答時間間隔を増やすことができます。

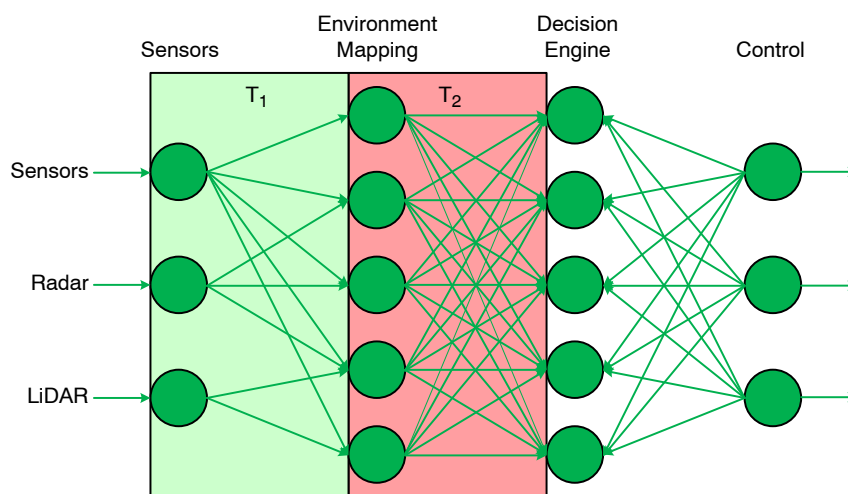


Figure 8. Autonomous Driving System Model with Fault Detection Times

今日最も進化した機能安全デバイスでは、イメージセンサで発生する可能性がある広範な故障モードが考慮されており、3つの主な優位性があります。第1に、故障から通知まで最短のレイテンシを実現できます。第2に、センサの動作、品質、性能に影響を及ぼすことなくリアルタイムで安全通知が可能です。第3に、最小計算時間と最低コストで最高の故障検出率を達成できます。

故障検出率と検証

イメージセンサ・メーカーの多くは、大胆にASIL-BおよびASIL-Cサポートを含む高い故障検出率を主張していますが、ティア1メーカーやOEMは、この主張をどのように検証できるのでしょうか?考慮すべきもう一つの重要な要素は、より低いASILレベルのセンサを組み込んで高い故障検出率を持つシステムを開発する能力、つまりASILデコンポジションです。ここでは、一般的な診断率の決定方法、検証の問題への対処、ASILデコンポジションについて検討します。

診断率は一般的に、ISO2626-5 Annex Dに記載されるガイドラインに基づきます。ただし、同じ出典では慎重を期して、「故障とそれらに関連する安全メカニズムの診断率への割り当ては、表D.1のリストと異なってもよい」と規定されています。

しかし、多くのセンサのメーカーは、単に導入する試験の種類に基づいてこれらの数字を見積もっているだけです。実装の詳細や上で引用したISO26262'2d5 Clause D.1の条項に示された他のバリエーションは、ほとんどあるいは全く検討されていません。これによって通常は、診断率推定値が人為的に高くなり、当然センサのベンダの利益となり、同時にASILレベルも人為的に高くなってしまいます。これでは、安全メカニズムの診断率を正確に求めるための論点を巧みに避けていることとなります。

診断率を求める最善の方法は、実際に故障を注入し、その故障が安全メカニズムにより検出されるかどうかを確認することです。しかし、一般的なイメージセンサのゲート数は150万を超えるため、網羅的に故障注入を実行するのは実際には不可能です。さらに、今日の車載用イメージセンサは800万以上のピクセルの他にアナログ回路も内蔵しています。この課題に対処するには統計的手法を使用でき、所定の許容誤差の範囲で診断率を計算できません。統計的故障注入は、5%未満の許容誤差を達成するために効率的に使用可能です。これによって、診断率を正確に(数パーセント以内まで)計算することができます。

自動運転車の総合的な安全性を検討する場合、イメージセンサの診断率を高い精度で把握しておくことが不可欠です。勧告やガイドラインに基づいて診断率が見積もられているイメージセンサを使用すると、システム全体の安全分析を実行する際に、大きな不確実性が生じます。逆に、診断率の精度が数パーセント以内であることがわかっているイメージセンサを使用すると、自動システム全体の安全性の信頼度が高くなります。FMEDA(故障モード影響診断解析)などの文書には、安全メカニズムの試験手順や診断率の計算方法が明示されています。

結論

イメージセンサ自体の内部での故障検出、保護、および修正を直接サポートしなければ、ADASシステムが要求されるASILレベルを達成する可能性が著しく低下するのは明らかです。逆に、イメージセンサ内で直接ASILを広範囲にサポートすることにより、ADASシステムのASILレベルを大幅に改善することができます。

運転の自動化が増加するに伴って、ADASサブシステムに要求される安全レベルは高くなります。今日でも、多くのADASシステムがASIL-B準拠への適合に苦労しています。近いうちに、ASIL-B準拠を要求されるシステム数は大幅に増加するでしょう。今後のADASシステムには、さらに厳格なASIL-CやASIL-D準拠が要求されます。ASILデコンポジションによって、ASIL-CのADASソリューションはASIL-Bイメージセンサを使用してのみ構築できます。実際、補完的な安全目標に準じて、ASIL-Bのイメージセンサを使用してASIL-DのADASシステムを構築することも可能です。現在目標としている何年か先の自動車モデルの設計は、堅牢なASIL安全機能および安全メカニズムを内蔵するイメージセンサを組み込むことによって、システムがシステムコストや複雑性を低減しながら、ますます高まるASIL準拠レベルに適合する可能性が各段に向上します。最終的に、統計的故障注入により高い精度で診断率が計算されたイメージセンサを使用することにより、自動運転車システムの全体的な安全性への信頼度が大きく向上します。

ON Semiconductor及びON SemiconductorのロゴはON Semiconductorという商号を使うSemiconductor Components Industries, LLC 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における商標です。ON Semiconductorは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。ON Semiconductorの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf。ON Semiconductorは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。ON Semiconductorは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害など一切の損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。お客様は、ON Semiconductorによって提供されたサポートやアプリケーション情報の如何にかかわらず、すべての法令、規制、安全性の要求あるいは標準の遵守を含む、ON Semiconductor製品を使用したお客様の製品とアプリケーションについて一切の責任を負うものとします。ON Semiconductorデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。ON Semiconductorは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。ON Semiconductor製品は、生命維持装置や、いかなるFDA (米国食品医薬品局)クラス3の医療機器、FDAが管轄しない地域において同一もしくは類似のものと分類される医療機器、あるいは、人体への移植を対象とした機器における重要部品などへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にON Semiconductor製品を購入または使用した場合、たとえ、ON Semiconductorがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、ON Semiconductorとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。ON Semiconductorは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative