

RL78/G22

Multiwavelength Smoke Detector Reference Design

要旨

本アプリケーションノートは、RL78/G22 マイクロコントローラと AFE（Analog Front-End IC）を用いた超低消費電力の Multiwavelength Smoke Detector のレファレンスデザインについて説明します。

本設計は、光電式の Smoke Detector を対象としており、複数の LED を用いた煙の識別技術を採用しています。これにより、異なる波長の光を利用した高精度な煙検出が可能となり、誤検知の低減や検知性能の向上が期待されます。

本アプリケーションノートでは、システム構成、動作原理、および煙試験について詳述し、開発者が本設計を効率的に活用できるようサポートします。

動作確認デバイス

RL78/G22

注意：本 Multiwavelength Smoke Detector 対象のハードウェア及びサンプルソフトウェアはあくまで開発のための参考用途であり、弊社が製品としての動作を保証するものではありません。ハードウェア及びサンプルソフトウェアを使用する場合、適切な環境で十分な評価をした上で御使用ください。

目次

1.	概要	1
1.1	光電式 Multiwavelength Smoke Detector の機能原理	1
1.2	住宅用と商業用 Smoke Detector	1
2.	Multiwavelength Smoke Detector PoC 基板	2
2.1	PoC 基板概要	2
2.2	PoC 基板の特長とハードウェア仕様	2
2.3	ルネサスコンポーネントの統合によるシステムの利点	2
2.4	アナログフロントエンド IC RAA23910X の特長	3
3.	UL 試験の要求項目	4
3.1	試験の種類と判定基準	4
3.2	不透過度の考え方	5
3.2.1	不透過度の測定方法	5
3.2.2	不透過度の定義	5
4.	POC 基板による煙検出	7
4.1	光電検出方法	7
4.2	伝達率	9
4.3	TIA ゲイン設定	9
4.4	AD 変換及び伝達率算出	10
5.	煙探知アルゴリズム	11
5.1	煙探知アルゴリズムとソフトウェア設定	11
5.1.1	煙探知アルゴリズム	11
5.1.2	ソフトウェアへの閾値設定	12
5.2	試験結果	13
5.2.1	くすぶり (Smoldering Wood) 試験	13
5.2.2	調理妨害 (Cooking Nuisance) 試験	14
5.2.3	ポリウレタン炎上 (Polyurethan Fire) 試験	16
5.3	パラメータ設定	18
6.	レジスタ設定	20
7.	用語	22
8.	参考資料	23

1. 概要

本ユーザーズマニュアル（ソリューション編）は RL78/G22 マイコンと AFE（Analog Front-End IC）を実装した Multiwavelength Smoke Detector POC（Proof of Concept）基板とサンプルソフトウェアを用いる事で Multiwavelength Smoke Detector を効率的に開発するための要領を纏めています。

本 Multiwavelength Smoke Detector 対象のハードウェア及びサンプルソフトウェアはあくまで開発のための参考用途であり、弊社が製品としての動作を保証するものではありません。ハードウェア及びサンプルソフトウェアを使用する場合、適切な環境で十分な評価をした上で御使用ください。

動作確認デバイス

サンプルソフトウェアの動作確認は Multiwavelength Smoke Detector POC 基板(以下、POC 基板) 内に実装の下記のデバイスで行っています。

- RTK7RL22SMD00000BJ（Multiwavelength Smoke Detector POC 基板）
- R7F102GBE2DNP#YJ1（基板内 MCU）
- RAA23910X（基板内 AFE）

1.1 光電式 Multiwavelength Smoke Detector の機能原理

光電式の Multiwavelength Smoke Detector は、スモークチャンバーと呼ばれるケース内で光を発する LED と光を検出するフォトダイオードで構成されます。このスモークチャンバー内には空気が流れており、火災時には煙などが含まれることになります。

スモークチャンバーは、測定を妨げないように外乱光がスモークチャンバー内に入るのを防ぐ構造をとっています。送信光光源（LED）と受信光検出器（フォトダイオード）は、約 140 度の角度に配置されているため、きれいな空気や汚染度の低い空気では、光は直接検出器に照射されません。煙や埃の粒子がスモークチャンバー内に侵入してくると照射された光はこれらの粒子で散乱され、散乱された光を検出器が受信されることで火災警報としてアラームが発報されます。

1.2 住宅用と商業用 Smoke Detector

住宅用 Smoke Detector と呼ばれるタイプのもは、家庭やアパート等各種の住宅に設置する専用タイプのもので、これらの検出器のほとんどは、信頼性の高い機能と低コストで合理化されています。通常は電池で動作し、単独で警報を鳴らすシンプルな構成となっており、通信機能や連携制御機能は限定的です。

一方、商業用 Smoke Detector は、機能と動作範囲の点でより包括的です。商業施設への設置要件は、有線または無線による通信、DC 電源電圧（12～48V）または AC 電源、バッテリーバックアップ、中央制御盤(受信機)への接続や火災報知システムとの連携制御を可能とする必要があります。

2. Multiwavelength Smoke Detector PoC 基板

2.1 PoC 基板概要

POC 基板は、RL78/G22 マイコンと AFE、LED、フォトダイオード、及びいくつかの外部コンポーネントのみを実装しており、Multiwavelength Smoke Detector のコンパクトな実現が可能です。送信 LED は、煙や埃がある場合のみ光線が受信機に散乱されるように配置されます。POC 基板は、煙の識別を目的に異なる波長の IR LED(以下、赤色 LED)及び青色 LED を用いて散乱光を検出しています。

2.2 PoC 基板の特長とハードウェア仕様

POC 基板は、以下の特徴及び仕様を持ちます。

- 「OR」タイプの電源構成(DC24V~40V 主電源、USB 電源、E2 Lite エミュレータ電源、ユーザシリアル電源、本体デバッグ電源)
- コンパクト、低消費電力、高機能マイクロコントローラ
- アナログ フロントエンド IC は、煙探知ドライバとオペアンプを提供
- アラーム LED (赤) と外部への通知信号回路
- ユーザ LED (緑)
- ユーザボタン
- 2 種類 (赤色、青色) の LED による多重波長光の光電式煙検出

表 2-1 PoC 基板の仕様

No	大項目	項目	仕様	備考
1	電源	主電源	DC24~40V	電流制限 max160 μ A
2	LED	赤前方 LED	波長 850nm	
3		青前方 LED	波長 470nm	
4		赤後方 LED	波長 850nm	
5	Photodiode	広帯域型	波長 400~1100nm	
6	アラーム	赤 LED 点滅 通知信号発生	主電源 52mA 引き込み	
7	寸法	基板寸法	75.50mm × 95.50mm × 1.6mm	

2.3 ルネサスコンポーネントの統合によるシステムの利点

- Smoke Detector 用低電力アナログフロントエンド IC の RAA23910X には、2xLED ドライバ、プログラマブルゲイントランスインピーダンスアンプを備えた 2x Photodiode 入力、ADC + DAC、MCU 電源用リニアレギュレータ、3.3V または 9V の動作を各備えておりディスクリート設計と比較して、部品数、基板スペース、及びシステム全体のコストを大幅に削減できます。
- 高度に統合された AFE により、異なる波長の光検出に使用できるため、Smoke Detector の精度が大幅に向上し、UL217 または UL268 準拠の Multiwavelength Smoke Detector システムへの検討が可能になります。
- 小ピン・低コストの RL78/G22 マイコン搭載の DataFlash で、アラームカウンタ、稼働時間計などの不揮発性データストレージの実現が可能です。
- 最小の BOM 数と小さなソリューションサイズの実現が可能です。

2.4 アナログフロントエンド IC RAA23910X の特長

高集積 RAA23910X は、主に住宅用煙探知器の設計に焦点を当てた Multiwavelength Smoke Detector システムに必要なすべての周辺機器と機能が含まれています。したがって、MCU + AFE の 2 つの主要コンポーネントのみで Multiwavelength Smoke Detector に対応した電子回路を実現することが容易です。

- 8 ビット DAC 調整可能な電流(45mA~300mA、または 90mA~600mA)
- 光検出器 TIA アンプ+ PGA(最大 160MV/A のプログラマブルゲイン)
- 光検出器入力用の 10 ビット ADC
- 汎用 I/O - 単線 TX/RX インターフェース
- マイコン電源用 LDO
- SPI インターフェース

3. UL 試験の要求項目

3.1 試験の種類と判定基準

Smoke Detector は、UL 規格の UL217 及び UL268 でその性能に関し規格化されています。その中で、光電式 Smoke Detector の煙試験としては、表 3-1 に示す燃焼物、燃焼条件毎に異なる判定基準が設定されています。UL217(8th edition)及び UL268(7th edition)から調理妨害試験、ポリウレタンくすぶり及び炎上試験が追加されています。

表 3-1 UL 試験の煙試験と判定基準

No	試験名	時間	不透過度 & MIC	燃焼物	備考
1	火災試験	アラーム発生が4分を超えてはならない	規定なし	紙及び木材	規定の煙プロファイルあり
2	くすぶり試験	規定記述なし	不透過度 29.26%/m (10%/feet)を超える前にアラームを発生させる事	ポンデローザ松棒	規定の煙プロファイルあり
3	ポリウレタン炎上試験	試験終了6分	不透過度 15.47%/m (5.0%/feet)を超える前にアラームを発生させる事	ポリウレタン	規定の煙プロファイルあり
4	ポリウレタンくすぶり試験	規定記述なし	不透過度 34.23%/m (12.0%/feet)を超える前にアラームを発生させる事	ポリウレタン	規定の煙プロファイルあり
5	調理妨害スモーク試験	規定記述なし	不透過度 4.84%/m(1.5%/feet)以下または MIC 値が 59.3~49.2 でアラームを発生させてはいけない	ハンバーガー	規定の煙プロファイルあり

煙試験は、UL 規格の記載範囲に感度調整されている Smoke Detector を使う必要があります。

3.2 不透過度の考え方

UL 規格の判定基準に不透過度があります。これは単位長さに対する光の通過度を表したもので、火災時の視界の見通しを数値化する為に光の透過率から算出されます。

3.2.1 不透過度の測定方法

不透過度は UL 規格でその測定方法が定められています。図 3-1 にその概略図を示します。

この測定方法に基づき、煙のない時の透過率 T_c と煙のある時の透過率 T_s の比率から不透過度が算出されます。

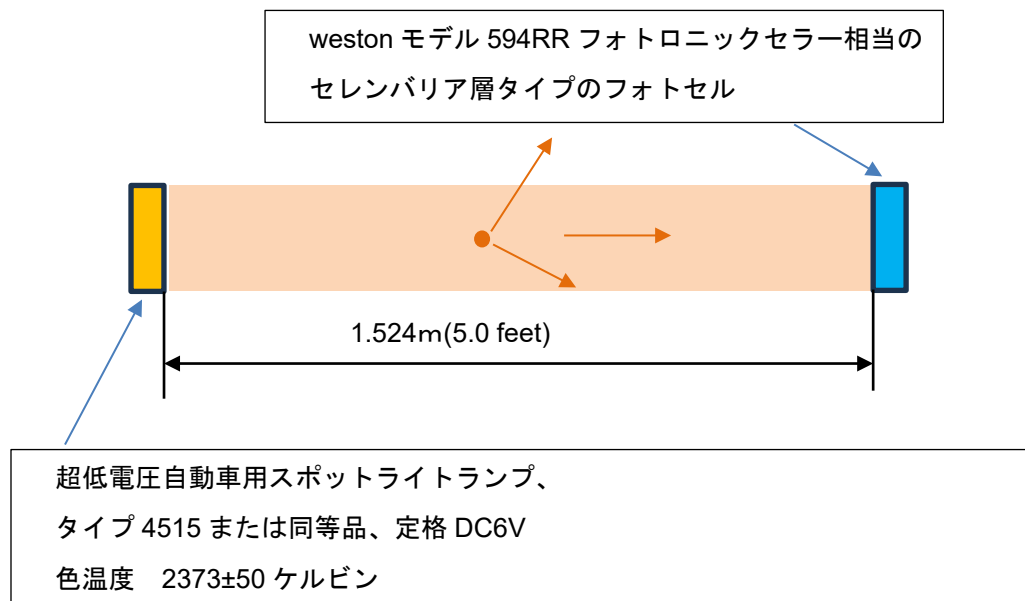


図 3-1 不透過度測定方法

3.2.2 不透過度の定義

ある距離 d における不透過度は式 3-1 で表わせます。

この式の T_c は距離 d における煙のない時の透過率、 T_s は距離 d における煙のある時の透過率となります。

$$Q_u = \left[1 - \left(\frac{T_s}{T_c} \right)^{\frac{1}{d}} \right] \times 100$$

式 3-1

例えば、%/foot で考えた場合、 T_s 、 T_c の測定が 5.0feet で測定した時であれば不透過度は式 3-2 になります。

$$Q_{uf} = \left[1 - \left(\frac{T_s}{T_c} \right)^{\frac{1}{5}} \right] \times 100$$

式 3-2

例えば、5.0 feet で Ts/Tc が 80% だったとすれば、式 3-3 の様に不透過度は 4.365%/foot になります。

$$\begin{aligned} Q_{uf} &= \left[1 - (0.8)^{\frac{1}{5}} \right] \times 100 \\ &= [1 - 0.9564] \times 100 \\ Q_{uf} &= 4.365 (\%/ft) \end{aligned}$$

式 3-3

同様に m 単位の不透過度の場合、5feet=1.524m から 1foot 単位の不透過度を示す式 3-3 は 1m 単位としての式 3-4 になり不透過度は 13.62%/m となります。

$$\begin{aligned} Q_{um} &= \left[1 - (0.8)^{\frac{1}{1.524}} \right] \times 100 \\ &= [1 - 0.8638] \times 100 \\ Q_{um} &= 13.62 (\%/m) \end{aligned}$$

式 3-4

つまり、 $Q_{uf}=4.365(\%/ft)$ と $Q_{um}=13.62\%/m$ は同じ煙の不透過度を示す事になります。

4. POC 基板による煙検出

4.1 光電検出方法

POC 基板に設置するスモークチャンバーは図 4-1 に示す構造としてください。外乱光防止の為にカバーが必要です。LED から照射された光が直接フォトダイオードに入射されない様にスモークチャンバー内に遮光ブロックを設ける必要があります。LED から照射され侵入した煙の粒子で散乱した光がフォトダイオードで検出される様にしてください。また各 LED 及びフォトダイオードは光の広がりを抑えるガイドを設置してください。

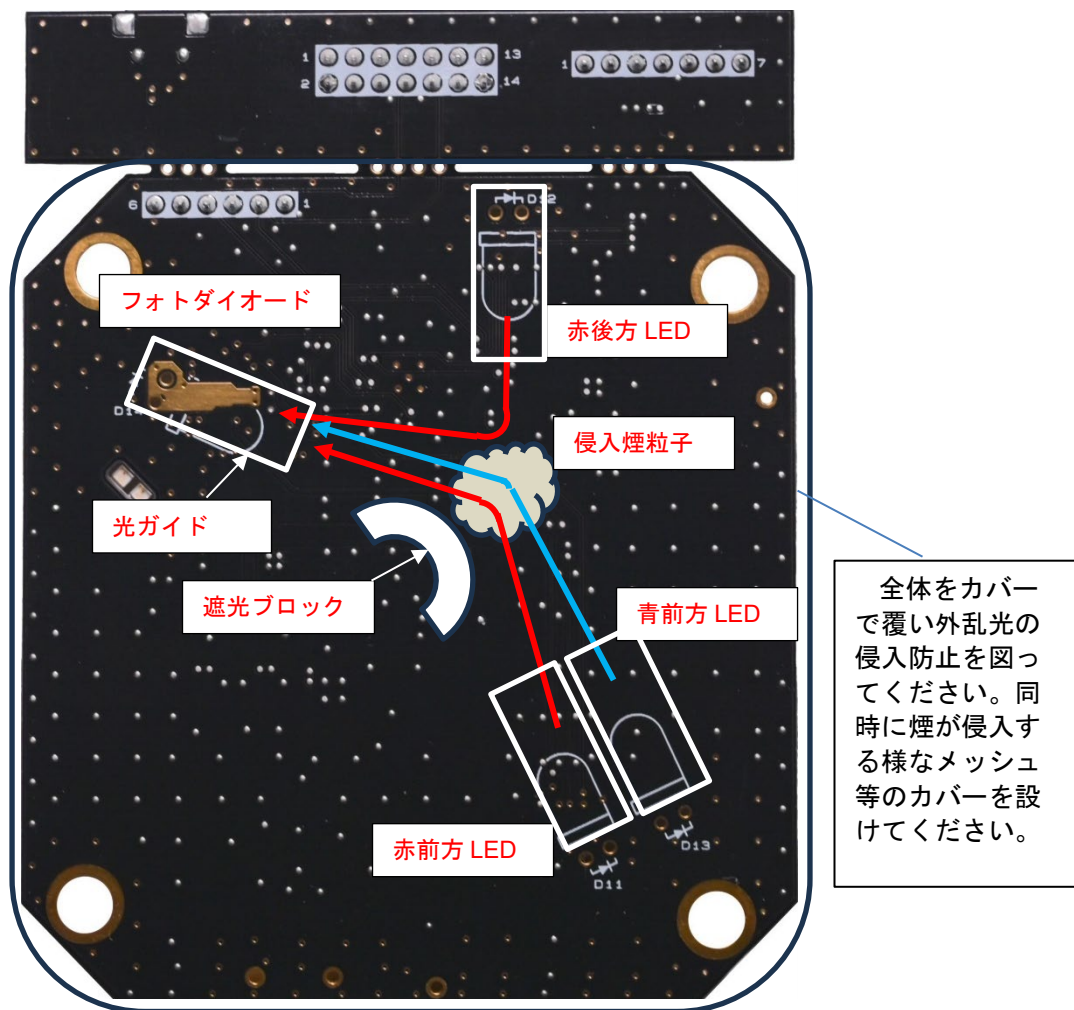


図 4-1 スモークチャンバーの構造

フォトダイオードで検出された散乱光は、AFE-IC 内部の TIA (Trans Impedance Amp) により増幅され RL78/G22 の ADC によりデジタルデータに変換されます。また、各 LED からの散乱光の検出値を同じ指標として扱うために 4.2 項に示す伝達率を使います。

煙検知は、煙の種別により散乱特性が異なる赤色 LED と青色 LED の異なる波長を使用します。またフォトダイオードは赤色から青色まで幅広く検出できるものを選定します。表 4-1 に POC 基板で搭載している光電センサの部品一覧を示します。また各 LED の駆動電流一覧を表 4-2 に示します。また、スモークチャンバーの構造によっては LED の指向角度等も含め適切なものを選定する必要があります。

表 4-1 光電線センサの部品一覧

品名	Ref.	員数	型名	波長	パッケージ
赤色 LED (赤前方、赤後方)	D11,D12	2	SFH 4554	850nm	リード品 (砲弾型Φ5mm)
青色 LED (青前方)	D13	1	HLMP-CB3A- UV0DD	470nm	リード品 (砲弾型Φ5mm)
フォト ダイオード	D14	1	SFH 203	400-1100nm	リード品 (砲弾型Φ5mm)

【注】 注記 3.3V 使用時には青色 LED は使用できません。

表 4-2 LED 駆動電流

品名	駆動電流
赤前方 LED	76mA
青前方 LED	48mA
赤後方 LED	170mA

4.2 伝達率

各 LED に対するフォトダイオードの受光強度は異なります。これらを同じ指標で評価するために、式 4-1 に示す様に LED から照射された光に対しフォトダイオードが受光した散乱光と LED の直接入射光との強度比率を伝達率として使います。

$$\text{伝達率} = \frac{\text{フォトダイオードで検出された散乱光の受光強度}}{\text{LED 光が直接フォトダイオードに入射されたときの受光強度}}$$

式 4-1

あらかじめ各 LED の光を直接フォトダイオードに照射した時の受光強度を測定し、これに対し検出した散乱光の比率を伝達率とします。

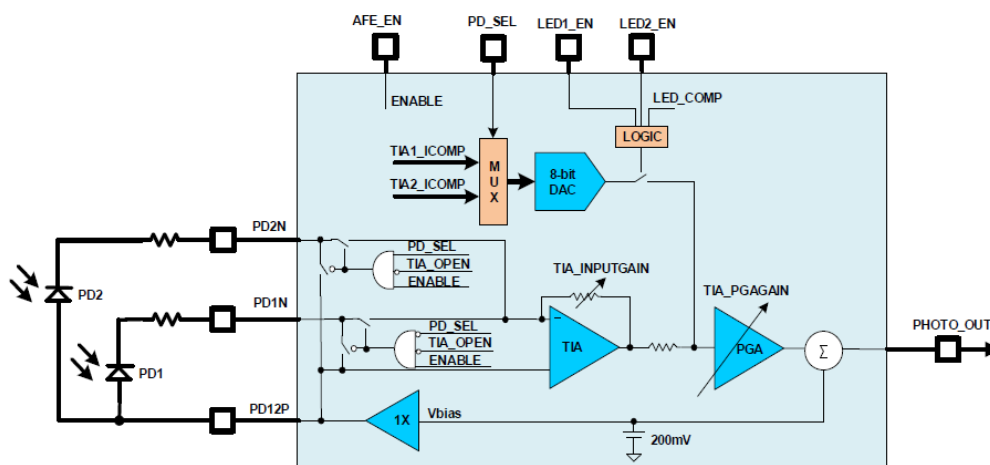
4.3 TIA ゲイン設定

図 4-2 に AFE-IC 内部に実装されている TIA のブロック図を示します。TIA (Trans Impedance Amp) はフォトダイオードの微弱な光検出電流を電圧値に変換増幅し、PGA (Programable Gain Amp) でさらに増幅します。この信号(PHOTO_OUT)を RL78/G22 の AD コンバーターに入力します。

ゲインは、散乱光の強度にあわせて、TIA_INPUTGAIN、TIA_PGAGAIN をソフト設定する必要があります。これらの感度が低すぎると、散乱光を捉えられず、感度が高すぎるとデータが飽和してしまう事になります。サンプルプログラムでは以下の設定をデフォルトとしています。

INPUTGAIN 設定 1 2.5MΩ

PGAGAIN 設定 1 8x



Addr	Bit	Name	R/W	POR	Description
0x01	7:5	SPARE0	RW	0x1	Reserved (Set to 0 when writing to this register)
	4	LED_COMP	RW	0x1	TIA Offset Compensation Enable 0x0 = TIA Offset Compensation enabled entire time that AFE_EN pin is high 0x1 = TIA Offset Compensation enabled only when and LED is illuminated
	3:2	TIA_INPUTGAIN	RW	0x1	TIA Input Gain: 0x0 = 1.25MΩ 0x1 = 2.5MΩ 0x2 = 3.75MΩ 0x3 = 5MΩ
	1:0	TIA_PGAGAIN	RW	0x2	TIA PGA Gain: 0x0 = 1.6X 0x1 = 8X 0x2 = 16X 0x3 = 32X

図 4-2 TIA ブロック図とその設置機能

4.4 AD 変換及び伝達率算出

AFE-IC で検出された光検出値は増幅され、最終的には RL78/G22 の AD コンバーターに入力されます。AD コンバーターの変換結果はデジタル変換された値になりますので元の値に対する伝達率には変換算出が必要となります。

式 4-2 及び式 4-3 に AD コンバーターの変換結果から元の信号電圧を算出した方法を示します。

この時 2.048 は RL78/G22ADC の基準電圧、1024 は AD コンバーターのフルカウント数、INPUTgain 及び PGAgain の () 内数値はそれぞれ 5.2 項に示す各種試験の設定値を示します。

$$\text{伝達率(分子)} = \frac{\text{測定受光強度AD値} - \text{オフセット}}{1024} \times 2.048 \div [\text{INPUTgain}(2.5M) \times \text{PGAgain}(x8)]$$

式 4-2

$$\text{伝達率(分母)} = \frac{\text{直入射受光強度AD値} - \text{オフセット}}{1024} \times 2.048 \div [\text{INPUTgain}(2.5M) \times \text{PGAgain}(x8)]$$

式 4-3

伝達率は、上記の分子を分母で割ることで算出可能です。

式 4-2 及び式 4-3 に示す様に、AFE-IC にはオフセットが発生しますので、このオフセットを事前に測定し、補正する必要があります。補正の仕方には以下の二つの方法があります。尚、特性解析の方法、アラーム発報レベル数値への反映は 5.1 項を参照ください

- 光を遮光した状態での検出値を測定し、オフセット電圧を事前に受光レベル数値として把握、特性解析はオフセット数値を除いて解析、アラーム発報レベルはオフセット数値込みで判定する方法
- LED_COMP の設定によりオフセット電圧をハード的に補正して測定、特性解析もアラーム発報レベルもオフセットなしで判定する方法

サンプルプログラムは基礎的なデータ採取のため、オフセット電圧を含んで判定していますが、各種条件が決定すれば、単純化を図るには LED_COMP で事前にハード的に補正する事が可能です。またハード的に補正すれば、受光ダイナミックレンジが若干拡大されます。

5. 煙探知アルゴリズム

煙探知アルゴリズムを用いた Smoldering Wood、Cooking Nuisance、Polyurethan Fire の各試験結果を記載します。

5.1 煙探知アルゴリズムとソフトウェア設定

5.1.1 煙探知アルゴリズム

5.2 項に示す各種試験は、以下のアルゴリズムを使用しています。

- 煙の種類によって伝達率の数値差が少ない赤後方 LED を使用して、Cooking Nuisance でアラームを発報してはいけない不透過度 (4.84%/m) までアラーム発報を停止します。
- 次に Cooking Nuisance と Cooking Nuisance 以外について赤前方 LED 及び青前方 LED の各伝達率の大小で判定します。
赤 > 青の場合を Cooking Nuisance として判定し青 > 赤のケースを Cooking Nuisance 以外と判定し直ちに発報します。
- 最後に不透過度が 15.47%/m を超える前に必ずアラームを発報します。

この煙探知アルゴリズムを組み込んだ動作フローを図 5-1 に示します。

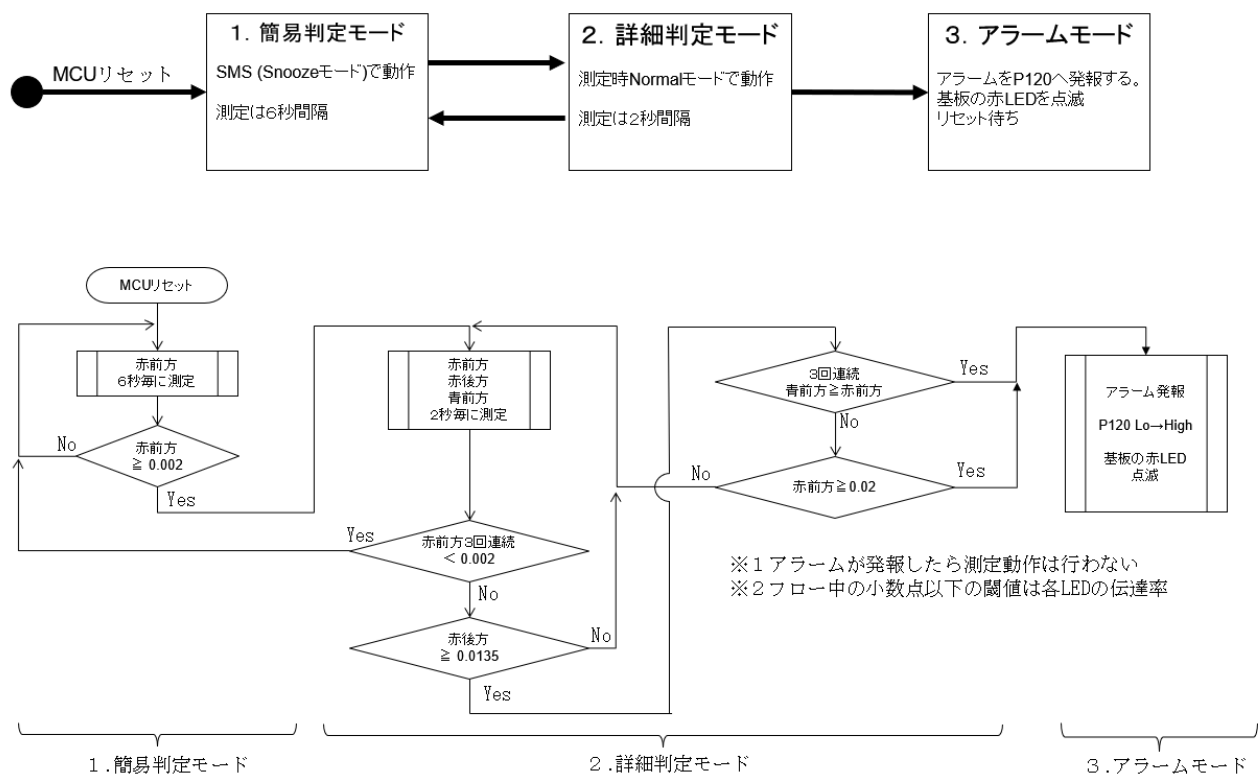


図 5-1 煙探知アルゴリズムの判定フロー図

各判定閾値の詳細を以下に示します。

- ALM_REDFWD1: 煙発生を含めた周囲環境の変化を感知し赤前方 LED の 6 秒間隔測定から赤前方 LED、青前方 LED、赤後方 LED の 2 秒間隔測定に切り替えるの閾値を示します。
- ALM_REDBACK: 煙の種類別探知を開始するタイミングを決定する閾値を示します。
- ALM_REDFWD2: 必ずアラームを発報させるタイミングを決定する閾値を示します。

5.1.2 ソフトウェアへの閾値設定

5.1.1 項に示すアルゴリズムは、処理を単純化する為に、その閾値は伝達率ではなく式 4-1 式 4-2 式 4-3 式から逆算したフォトダイオードの受光値を AD コンバーターで置き換えた数値を使用しています。この作業フローを図 5-2 に示します。またサンプルプログラムで設定している具体的な閾値の設定値を表 5-1 に示します。尚、この数値は AFE のオフセットを含んだ数値となります。

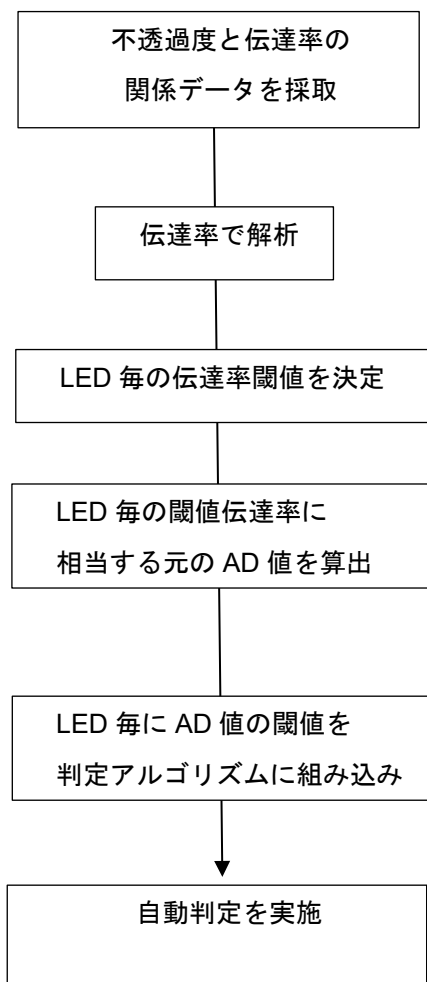


図 5-2 ソフトウェアへの閾値設定フロー

表 5-1 サンプルプログラム判定閾値

判定閾値	サンプルプログラム設定値	内容
ALM_REDFWD1	120	赤前方 LED で煙発生を含めた周囲環境の変化を感知し 3 個の LED を使った測定に切り替える閾値
ALM_REDBACK	200	煙の種別探知を開始するタイミングを決定する閾値
ALM_REDFWD2	290	必ずアラームを発報させるタイミングを決定する閾値を示します。

5.2 試験結果

5.2.1 くすぶり (Smoldering Wood) 試験

図 5-3 及び図 5-4(図 5-3 の拡大図)に Smoldering Wood 試験の結果を示します。赤色が赤前方 LED の伝達率変化、青色が青前方 LED の伝達率変化、オレンジ色が赤後方 LED の伝達率変化、左軸が数値となります。右軸の数値に対応する緑色は不透過度の変化で、紺色は POC 基板発報時の不透過度を示します。黄色の線はアラーム発報が超えてはならない不透過度を示します。表 5-2 は POC 基板の発報情報を示します。

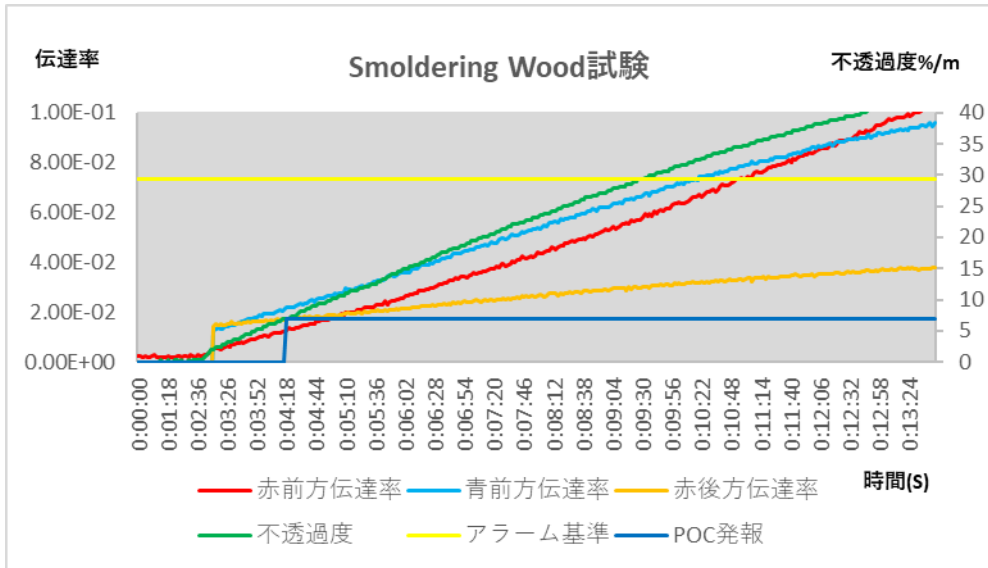


図 5-3 くすぶり (Smoldering Wood) 試験結果

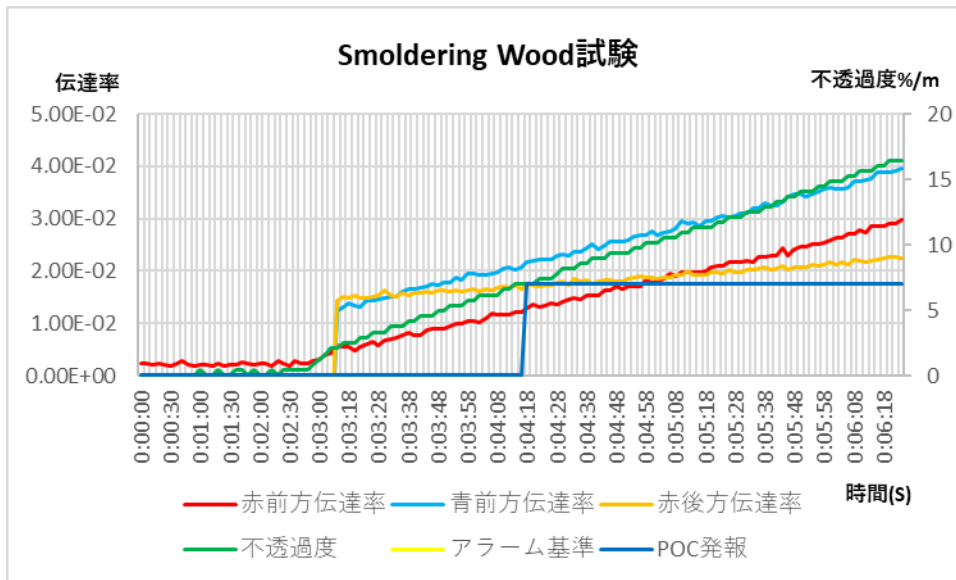


図 5-4 図 5-3 の拡大図

表 5-2 くすぶり (Smoldering Wood) 試験 アラーム発報結果表

項目	時間	単位	備考
データ収録開始	0:00:00	時分秒	—
燃焼材投入	0:02:00	時分秒	—
アラーム発報時間	0:04:18	時分秒	データ収録開始からの時間
アラーム発報不透過度	6.98	%/m	アラーム発報時の不透過度
アラーム発報に関する規格	29.26	%/m	これを超える前に発報が必要

試験結果の特徴を以下に示します。

- 3分14秒（燃焼材投入後1分14秒）までは赤前方LEDのみで検出し、赤前方LEDが閾値を超えてから青前方、赤後方LEDを加えた検出がはじまります。
- 4分18秒（燃焼材投入後2分18秒）で煙を感知しアラームが発報しています。
- アラーム発報時の不透過度は6.98%/mで、アラーム判定基準の29.26%/mと比較し十分低い値で煙の感知が出来ている事を示しています。
- 青前方の伝達率に対し赤前方の伝達率が低くなっています。

5.2.2 調理妨害 (Cooking Nuisance) 試験

図 5-5 及び図 5-6(図 5-5 の拡大図)に調理妨害 (Cooking Nuisance) 試験の結果を示します。また、表 5-3 に POC 基板の発報情報を示します。

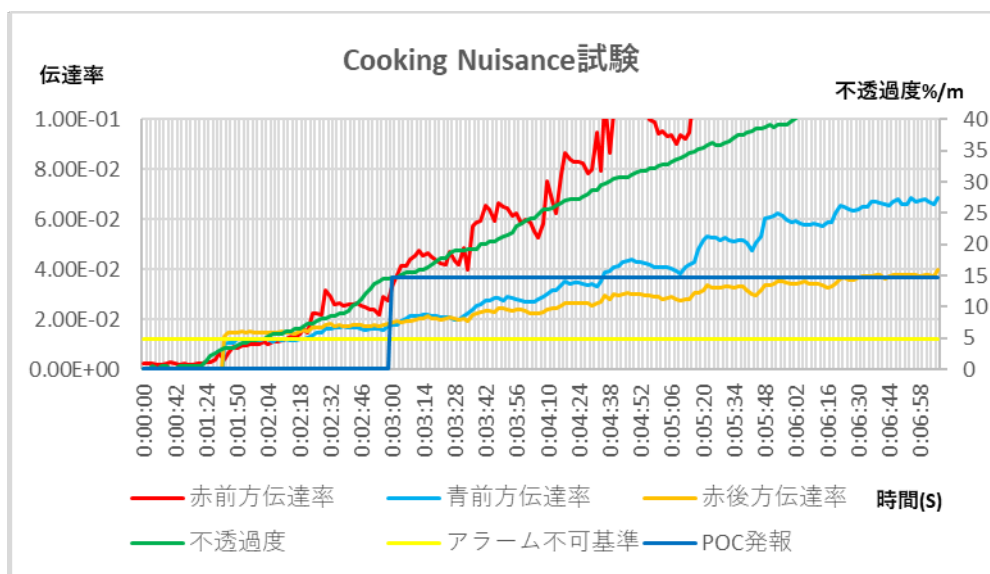


図 5-5 調理妨害 (Cooking Nuisance) 試験結果

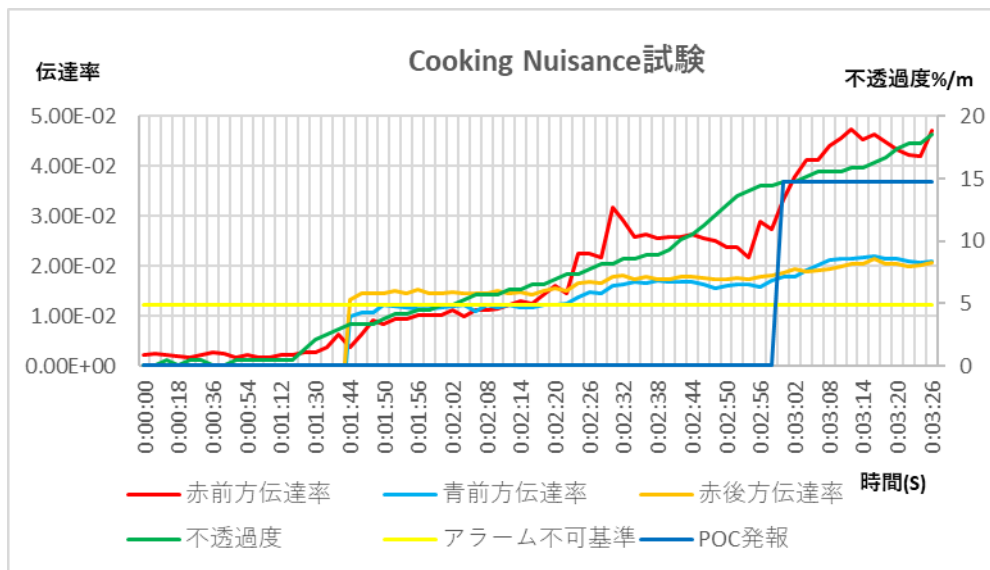


図 5-6 図 5-5 の拡大図

表 5-3 調理妨害（Cooking Nuisance）試験 アラーム発報結果表

項目	時間	単位	備考
データ収録開始	0:00:00	時分秒	
燃焼材投入	0:01:00	時分秒	
POC アラーム発報	0:03:00	時分秒	データ収録開始時間基準
POC 発報不透過度	14.78	%/m	発報時の不透過度
アラーム基準	4.84	%/m	これより以下で発報してはならない

試験結果の特徴を以下に示します。

- 1分44秒（燃焼材投入後44秒）までは赤前方LEDのみで検出し、赤前方LEDが閾値を超えてから青前方、赤後方LEDを加えた検出がはじまります。
- 3分00秒（燃焼材投入後2分00秒）で煙を探知しアラームが発報しています。
- アラーム発報時の不透過度は14.78%/mで、アラームを出してはいけない判定基準の4.84%/mと比較し高い値で煙を探知しています。つまり調理による誤報を防止できています。
- 一般の煙と異なり、青前方の伝達率に対し赤前方の伝達率が途中から逆転して高くなっています。

5.2.3 ポリウレタン炎上 (Polyurethan Fire) 試験

図 5-7 及び図 5-8(図 5-7 の拡大図)にポリウレタン炎上 (Polyurethan Fire) 試験の結果を示します。また、表 5-4 に POC 基板の発報情報を示します。

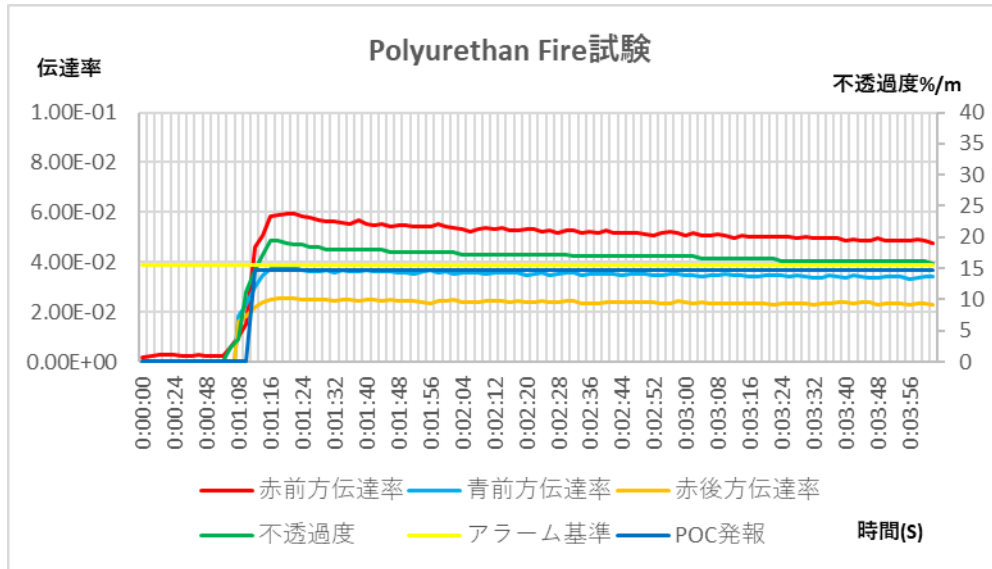


図 5-7 ポリウレタン炎上(Polyurethan Fire)試験結果

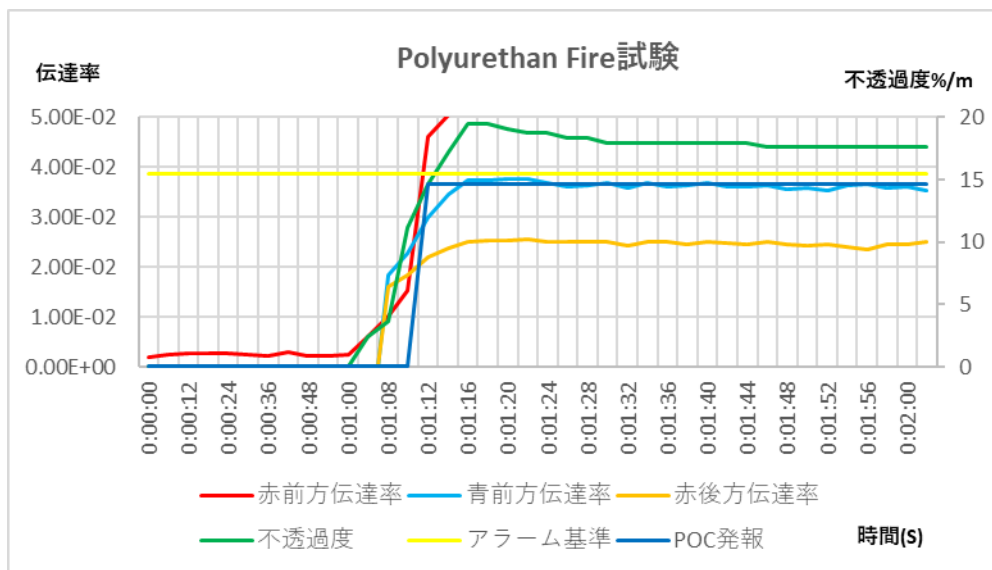


図 5-8 図 5-7 の拡大図

表 5-4 ポリウレタン炎上(Polyurethan Fire) 試験 アラーム発報状況

項目	時間	単位	備考
データ収録開始	0:00:00	時分秒	
燃焼材着火	0:01:00	時分秒	
POC アラーム発報	0:01:12	時分秒	データ収録開始時間基準
POC 発報不透過度	14.61	%/m	発報時の不透過度
アラーム基準	15.47	%/m	これを超える前に発報が必要

試験結果の特徴を以下に示します。

- 1分08秒（燃焼材着火後08秒）までは赤前方LEDのみで検出し、赤前方LEDが閾値を超えてから青前方、赤後方LEDを加えた検出がはじまります。
- 1分12秒（燃焼材着火後12秒）で煙を探知しアラームが発報しています。
- アラーム発報時の不透過度は14.61%/mで、アラームを出さなくてはならない判定基準の15.47以下で発報されています。
- 一般の煙と異なり、調理妨害(Cooking Nuisance)と同じく、赤前方の方が青前方より高い伝達率となっています。

参考に、ポリウレタンくすぶり(Smoldering Polyurethan)試験結果を図5-9に示します。通常の煙と同様に青前方LEDの伝達率が赤前方LEDの伝達率より大きくなっています。

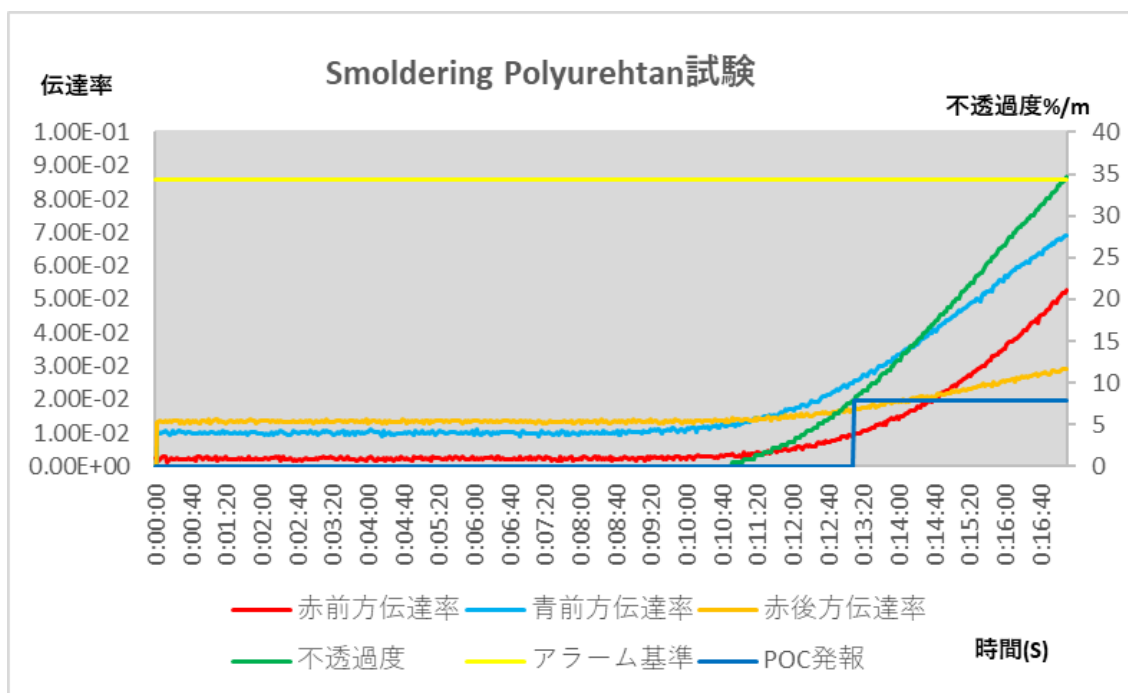


図 5-9 ポリウレタンくすぶり (Smoldering Polyurethan) 試験結果

5.3 パラメータ設定

表 5-5～表 5-8 に本ソリューションのためのパラメーター一覧を示します。

表 5-5 パラメーター一覧（全体制御）

型	変数名	データ内容
unit16_t	APP_u16Use_SMS	簡易判定モードで SMS を使用するか 0:使用しない 1:使用する
unit16_t	APP_u16Use_UART	AD 変換値をシリアル出力するか 0:出力しない 1:出力する
unit16_t	APP_u16LED_Enable	LED 点灯有効/無効 LED 点灯タイミングでの LED 点灯制御 0:消灯のまま 1:点灯する ※SMS 動作では「点灯する」に固定で動作する
unit16_t	APP_u16Seq1_LED	簡易判定モードで使用する LED 0: 赤前方 1: 青前方 ※SMS 動作では無効。SMS 動作時には、SMS 処理の中で、どちらの LED を使用するか設定する。
unit16_t	APP_u16Seq1_IntTime	簡易判定モード測定周期[msec] LSB:1msec、指定は 100ms 単位、 端数が指定されたら 100ms 未満を切り捨てる
unit16_t	APP_u16Seq2_IntTime	詳細判定モード測定周期[msec] LSB:1msec、指定は 100ms 単位、 端数が指定されたら 100ms 未満を切り捨てる
unit16_t	APP_u16AlarmRedFwd1_Threshold	赤前方閾値 1 赤前方の伝達率 0.004 に相当する AD 変換値
unit16_t	APP_u16AlarmRedBack_Threshold	赤後方閾値 赤後方の伝達率 0.017 に相当する AD 変換値
unit16_t	APP_u16AlarmRedFwd2_Threshold	赤前方閾値 2 赤前方の伝達率 0.033 に相当する AD 変換値

表 5-6 パラメーター一覧（LED 赤前方）

型	変数名	データ内容
unit8_t	APP_u8LED_RF_Current	LED 赤前方電流 LED 赤前方の電流 = 45mA + 31mA = 76mA
unit8_t	APP_u8LED_RF_InputGain	LED 赤前方 PD 入力ゲイン 0:1.25MΩ 1:2.5MΩ 2:3.75MΩ 3:5MΩ
unit8_t	APP_u8LED_RF_PGAGain	LED 赤前方 PD PGA ゲイン 0:1.6X 1:8X 2:16X 3:32X
unit8_t	APP_u8LED_RF_TIAIComp	LED 赤前方 AFE オフセット補正 補正值 = -0.25mV x APP_u16LED_RF_InputGain x APP_u16LED_RF_PGAGain

表 5-7 パラメーター一覧 (LED 青前方)

型	変数名	データ内容
unit8_t	APP_u8LED_BF_Current	LED 青前方電流 LED 青前方の電流 = 45mA + 3mA = 48mA
unit8_t	APP_u8LED_BF_InputGain	LED 青前方 PD 入力ゲイン 0:1.25MΩ 1:2.5MΩ 2:3.75MΩ 3:5MΩ
unit8_t	APP_u8LED_BF_PGAGain	LED 青前方 PD PGA ゲイン 0:1.6X 1:8X 2:16X 3:32X
unit8_t	APP_u8LED_BF_TIAIComp	LED 青前方オフセット補正 補正值 = -0.25mV x APP_u16LED_BF_InputGain x APP_u16LED_BF_PGAGain

表 5-8 パラメーター一覧 (LED 赤後方)

型	変数名	データ内容
unit8_t	APP_u8LED_RB_Current	LED 赤後方電流 LED 赤後方の電流 = 45mA + 125mA = 170mA
unit8_t	APP_u8LED_RB_InputGain	LED 赤後方 PD 入力ゲイン 0:1.25MΩ 1:2.5MΩ 2:3.75MΩ 3:5MΩ
unit8_t	APP_u8LED_RB_PGAGain	LED 赤後方 PD PGA ゲイン 0:1.6X 1:8X 2:16X 3:32X
unit8_t	APP_u8LED_RB_TIAIComp	LED 赤後方オフセット補正 補正值 = -0.25mV x APP_u16LED_RB_InputGain x APP_u16LED_RB_PGAGain

6. レジスタ設定

表 6-1～表 6-4 に本ソリューションのためのレジスタ設定一覧を示します。

表 6-1 AFE レジスタの設定一覧

レジスタ名	Bit	機能名	設定する変数値、または固定値
TIA	3:2	TIA_INPUTGAIN	APP_u8LED_RF_InputGain 0:1.25MΩ 1:2.5MΩ 2:3.75MΩ 3:5MΩ
TIA	1:0	TIA_PGAGAIN	APP_u8LED_RF_PGAGAIN 0:1.6X 1:8X 2:16X 3:32X
ADC_CFG	1	ADC_EN	0x1 0x1 = ADC is powered up when ADC_EN = 0x1 and AFE_EN pin = high

表 6-2 詳細判定モード時の LED 設定一覧

設定対象 LED	AFE レジスタ名	Bit	機能名	設定する変数値
赤前方	LED1	7:0	LED1	APP_u8LED_RF_Current LED 赤前方の電流 = 45mA + APP_u8LED_RF_Current
赤後方	LED2	7:0	LED2	APP_u8LED_RB_Current LED 赤後方の電流 = 45mA + APP_u8LED_RB_Current
青前方	LED2	7:0	LED2	APP_u8LED_BF_Current LED 青前方の電流 = 45mA + APP_u8LED_BF_Current

表 6-3 AD 変換開始時の MCU レジスタ設定一覧

MCU レジスタ名	設定する値	備考
ADCEN	1U	enable AD clock
ADCE	1U	enable AD comparator
ADIF	0U	clear INTAD interrupt flag
ADMK	0U	enable INTAD interrupt
ADCS	1U	enables conversion operation

表 6-4 AD 変換終了時の MCU レジスタ設定

MCU レジスタ名	設定する値	備考
ADCS	0U	disable conversion operation
ADMK	1U	disable INTAD interrupt
ADIF	0U	clear INTAD interrupt flag
ADCE	0U	disable AD comparator
ADCEN	0U	disable AD clock

7. 用語

- IC 集積回路
- POC 実証実験
- SW ソフトウェア
- HW ハードウェア
- MCU マイクロコントローラ
- CPU 中央処理装置
- AFE アナログフロントエンド
- LED 発光ダイオード
- PD フォトダイオード
- IR 赤外線
- TIA トランスインピーダンス入力アンプ
- PGA プログラマブル・ゲイン・アンプ
- DAC D/A コンバーターまたはデジタル-アナログコンバーター
- ADC A/D コンバーターまたはアナログ-デジタルコンバーター
- SPI シリアル・ペリフェラル・インターフェース
- UART ユニバーサル・エイシンクロナス・レシーバー・トランスミッター
- ROM リードオンリーメモリ
- RAM ランダムアクセスメモリ
- DC 直流
- AC 交流
- LDO 低ドロップアウト電圧レギュレータ
- GPIO 汎用入出力
- TX 送信
- RX 受信
- USB ユニバーサルシリアルバス
- PCB ポリ塩化ビフェニル
- PC パーソナルコンピュータ
- SINI システムの初期化
- APP アプリケーション
- IDE 統合開発環境
- UL アメリカ保険業者安全試験所

8. 参考資料

- [1] RL78/G22 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0978)
- [2] RL78/G22 Multiwavelength Smoke Detector 評価ボードマニュアル(ハードウェア編) (R01UH1161)
- [3] RL78/G22 Multiwavelength Smoke Detector 評価ボードマニュアル(ソフトウェア編) (R01US0776)
- [4] SCHEMATIC DIAGRAM SMOKE DETECTOR
(RENESAS_SMOKEDETECTOR_R1_20230309.pdf)
- [5] MCP1501 High-Precision Buffered Voltage Reference (Datasheet)
(MCP1501_Data_Sheet_DS20005474-3499863.pdf)
- [6] Sunhayato USB シリアル変換モジュール MM-FT232 取扱説明書
(manual-mm-ft232-ja.pdf)

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	Feb.20.25	—	初版発行
1.01	Apr.09.26		下記の内容を変更 ・ 図 4-2 ・ 参考資料

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 静電気対策

CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

2. 電源投入時の処置

電源投入時は、製品の状態は不定です。電源投入時には、LSI の内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れしないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「未使用端子の処理」に従って処理してください。CMOS 製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI 周辺のノイズが印加され、LSI 内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。

5. クロックについて

リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力がノイズなどに起因して、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。アドレス領域には、将来の拡張機能用に割り付けられている リザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

8. 製品間の相違について

型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。同じグループのマイコンでも型名が違えば、フラッシュメモリ、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含まれます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 当社製品または本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、変更、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改造、複製、リバースエンジニアリング等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
6. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。

標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等

高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通制御（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等

当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。

7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア/ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限りません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因したまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア/ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
8. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
10. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
11. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
12. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものとなります。
13. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
14. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社が直接的、間接的に支配する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

(Rev.5.0-1 2020.10)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。