



Gowin ISP システム ユーザーガイド

UG954-1.01J, 2021-08-27

著作権について（2021）

著作権に関する全ての権利は、**Guangdong Gowin Semiconductor Corporation** に留保されています。

GOWIN 高云、Gowin、及びGOWINSEMIは、当社により、中国、米国特許商標庁、及びその他の国において登録されています。商標又はサービスマークとして特定されたその他全ての文字やロゴは、それぞれの権利者に帰属しています。何れの団体及び個人も、当社の書面による許可を得ず、本文書の内容の一部もしくは全部を、いかなる視聴覚的、電子的、機械的、複写、録音等の手段によりもしくは形式により、伝搬又は複製をしてはなりません。

免責事項

当社は、GOWINSEMI Terms and Conditions of Sale（GOWINSEMI取引条件）に規定されている内容を除き、（明示的か又は黙示的に拘わらず）いかなる保証もせず、また、知的財産権や材料の使用によりあなたのハードウェア、ソフトウェア、データ、又は財産が被った損害についても責任を負いません。本文書における全ての情報は、予備的情報として取り扱われなければなりません。当社は、事前の通知なく、いつでも本文書の内容を変更することができます。本文書を参照する何れの団体及び個人も、最新の文書やエラッタ（不具合情報）については、当社に問い合わせる必要があります。

バージョン履歴

日付	バージョン	説明
2021/07/20	1.0J	初版。
2021/08/27	1.01J	● リソース使用率を更新。 ● 最大周波数の説明を更新。

目次

目次.....	i
図一覧.....	ii
表一覧.....	iii
1 本マニュアルについて	1
1.1 マニュアル内容	1
1.2 関連ドキュメント.....	1
1.3 テクニカル・サポートとフィードバック.....	1
1.4 用語、略語.....	2
2 ISP の概要.....	3
2.1 構造.....	3
2.2 特徴.....	4
2.3 リソース使用率	5
3 ISP システムのモジュール.....	6
3.1 CFA モジュール.....	6
3.2 CCM モジュール	7
3.3 GAMMA モジュール.....	7
3.4 AEAWB モジュール.....	8
3.5 CSC モジュール.....	9
3.6 Scaler モジュール	9
4 ISP のリファレンスデザイン	10
4.1 Demo 設計で使用するハードウェアプラットフォーム	10
4.2 Demo の構造の説明	11
4.3 MCU の命令制御	12

図一覧

図 2-1 典型的な合理化された ISP 構造	3
図 2-2 ISP システム設計	4
図 3-1 CFA モジュール	6
図 3-2 CFA モジュールのインターフェース	6
図 3-3 CCM モジュール	7
図 3-4 CCM モジュールのインターフェース	7
図 3-5 GAMMA モジュール	7
図 3-6 GAMMA モジュールのインターフェース	8
図 3-7 AEWB モジュールのインターフェース	8
図 3-8 CSC モジュールのインターフェース	9
図 3-9 Scaler モジュールのインターフェース	9
図 4-1 Demo の構造	10

表一覧

表 1-1 用語、略語.....	2
表 2-1 ISP Demo のリソース使用率	5
表 2-2 ISP のリソース使用率.....	5
表 4-1 レジスタの読み出し書き込み.....	12

1 本マニュアルについて

1.1 マニュアル内容

- ISP の概要
- ISP モジュールの紹介
- ISP のリファレンスデザイン

1.2 関連ドキュメント

GOWIN セミコンダクターの Web サイト www.gowinsemi.com/ja から、以下の関連ドキュメントがダウンロード、参考できます：

- Gowin AEAWB IP ユーザーガイド ([IPUG782](#))
- Gowin Color Filter Array Interpolation IP ユーザーガイド ([IPUG757](#))
- Gowin Color Correction Matrix IP ユーザーガイド ([IPUG766](#))
- Gowin Gamma Correction IP ユーザーガイド ([IPUG765](#))
- Gowin Video Frame Buffer IP ユーザーガイド ([IPUG769](#))
- Gowin CSC IP ユーザーガイド ([IPUG902](#))
- Gowin Scaler IP ユーザーガイド ([IPUG903](#))

1.3 テクニカル・サポートとフィードバック

GOWIN セミコンダクターは、包括的な技術サポートをご提供しています。使用に関するご質問、ご意見については、直接弊社までお問い合わせください。

Web サイト：www.gowinsemi.com.cn

E-mail：support@gowinsemi.com

1.4 用語、略語

本マニュアルで使用される用語、略語、及びその意味を表 1-1 に示します。

表 1-1 用語、略語

用語、略語	正式名称	意味
ISP	Image Signal Processing	画像信号処理
CFA	Color Filter Array Interpolation	カラーフィルターアレイ補間
CCM	Color Correction Matrix	色補正マトリックス
CSC	Color Space Conversion	色空間変換
BLC	BlackLevel Correction	黒レベル補正
DPC	Defect Pixel Correction	不良ピクセル補正
AE	Auto Exposure	自動露出
AWB	Auto White Balance	オートホワイトバランス

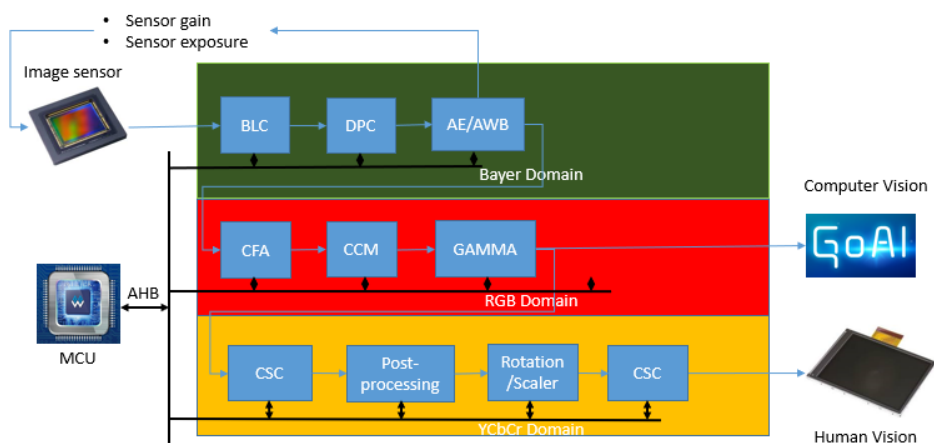
2ISP の概要

2.1 構造

画像信号処理(ISP, Image Signal Processing)は、フロントエンドのイメージセンサーの出力信号を処理するために使用されるユニットです。実際には、レンズとセンサーに物理的な欠陥があるため、センサーがさまざまな光環境に適応する必要があるため、期待される画質を得るためにセンサーを制御して画像信号を処理する ISP が必要です。

典型的な合理化された ISP 構造を図 2-1 に示します。

図 2-1 典型的な合理化された ISP 構造

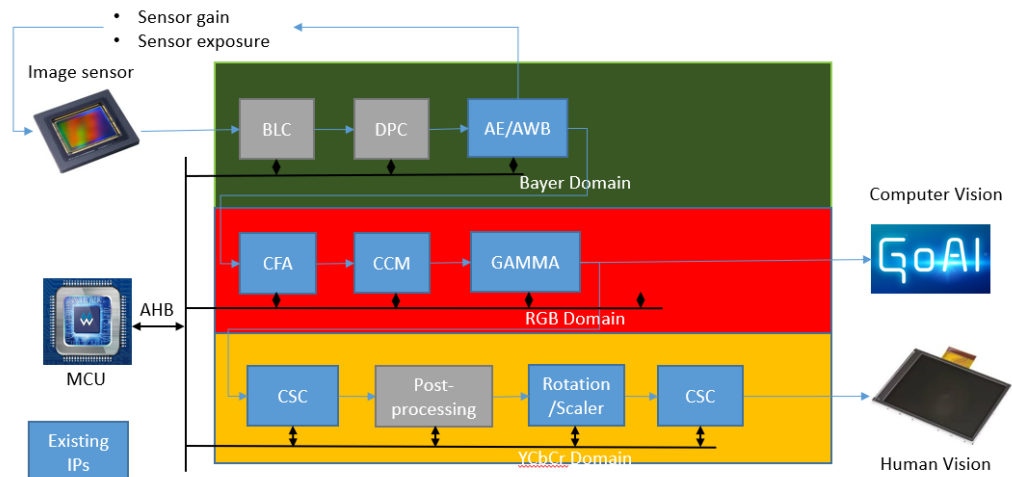


- BLC : 黒レベル補正モジュール。
- DPC : 不良ピクセル補正モジュール。
- AE : 自動露出モジュール。
- AWB : オートホワイトバランス・モジュール。
- CFA : カラーフィルタアレイ・モジュール。
- CCM : 色補正マトリックス・モジュール。
- GAMMA : ガンマ補正モジュール。

- **CSC** : 色空間変換モジュール。
- **Scaler** : スケーリング・モジュール。

現在、ISP システム設計の主要なモジュール（青い部分）を図 2-2 に示します。灰色のモジュールの設計が必要な場合は、Gowin の関連の技術担当者にご連絡ください。

図 2-2 ISP システム設計



2.2 特徴

- 4 つのセンサーアライメント方法 (BGGR、GBRG、GRBG、RGGB)、および 2 つの画像データ幅 (8 ビットと 10 ビット) をサポート。
- さまざまな画像解像度 (VGA、720p、1080p、2K、4K) をサポート。
- ISP システムのモジュールは、すべて独立したサブモジュールです：
 - AEAWB モジュールは、オートホワイトバランスと自動露出の調整を実現。
 - CFA モジュールは、Bayer 画像形式を RGB 画像形式に変換。
 - CCM モジュールは、色補正を実現。
 - GAMMA モジュールは、画像のグレー値の非線形調整を実現。
 - CSC モジュールは、色空間の変換を実現。
 - Scaler モジュールは、画像のスケーリングを実現。

2.3 リソース使用率

ISP Demo は 1080p 30fps 8 ビットの画像データのリアルタイム処理を実現します。そのリソース使用率を表 2-1 に示します。ISP の各モジュールのリソース使用率を表 2-2 に示します。

表 2-1 ISP Demo のリソース使用率

モジュール名	Register	LUT	ALU	DSP	BSRAM	SSRAM	PLL
Ov5647 Initialization	225	462	31	0	0	0	0
MIPI CSI-2 Interface	448	444	41	0	1	17	0
FOV Cropping	42	60	0	0	0	0	0
ISP Pipeline	2722	2013	1441	12	10	16	0
Video Frame Buffer	346	684	86	0	8	0	0
DDR3 Memory Interface	1729	1399	61	0	8	70	0
Scaler	892	623	68	0	18	4	0
Other	119	119	4	0	0	0	3
M1	2490	5694	162	3	64	20	0
Total	9165	11636	1894	13	109	131	3

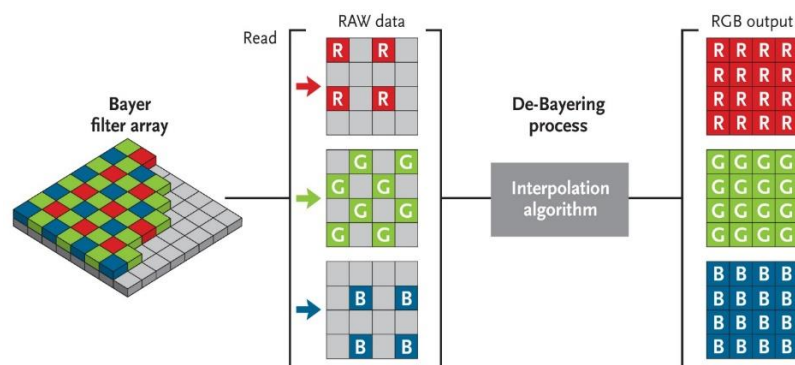
表 2-2 ISP の各モジュールのリソース使用率

モジュール名	Register	LUT	ALU	DSP	BSRAM	SSRAM
CFA	597	570	693	0	6	0
CCM	578	56	0	6	0	0
GAMMA	76	22	0	0	1	0
AEAWB	1238	1153	748	6	3	4

3 ISP システムのモジュール

3.1 CFA モジュール

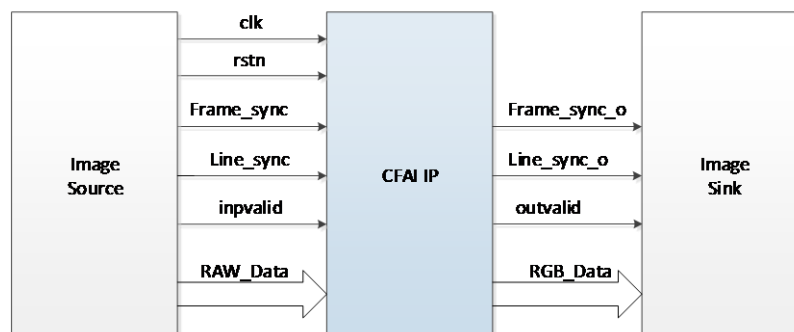
図 3-1 CFA モジュール



Gowin Color Filter Array Interpolation IP は、補間フィルター係数の特性に応じて、さまざまなセンサーアレイ配置モード用に最適化されており、5x5 の高品質演算子を使用します。欠落している値の場所に応じて、R、G、および B の補間で異なるフィルター係数が使用されます。

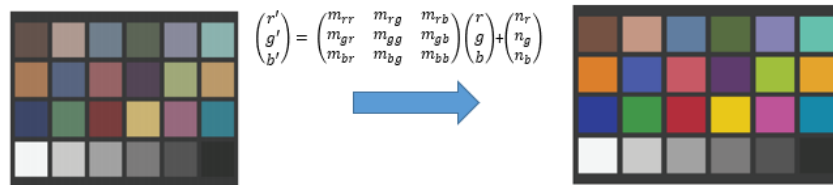
このモジュールの主なインターフェースを図 3-2 に示します。

図 3-2 CFA モジュールのインターフェース



3.2 CCM モジュール

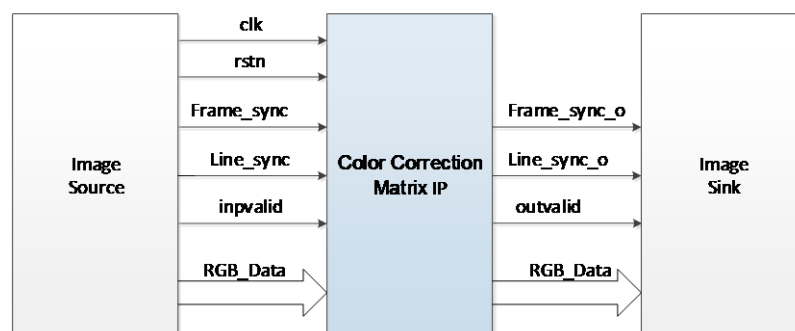
図 3-3 CCM モジュール



CCM (Color Correction Matrix) は色補正マトリックスを意味します。色補正は、主に色エラーを補正することで、リアルな色を正確に再現します。色補正では、例えば、イメージセンサーによってキャプチャされた画像を標準画像と比較し、色補正マトリックスを取得します。このマトリックスは、イメージセンサーの色補正マトリックス (CCM) です。このマトリックスにより、イメージセンサーによって撮影されたすべての画像が補正され、オブジェクトのリアルな色に最も近い画像が取得されます。

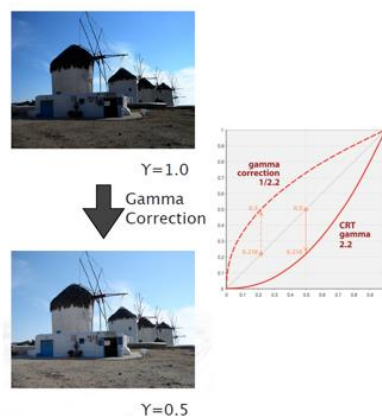
このモジュールの主なインターフェースを図 3-4 に示します。

図 3-4 CCM モジュールのインターフェース



3.3 GAMMA モジュール

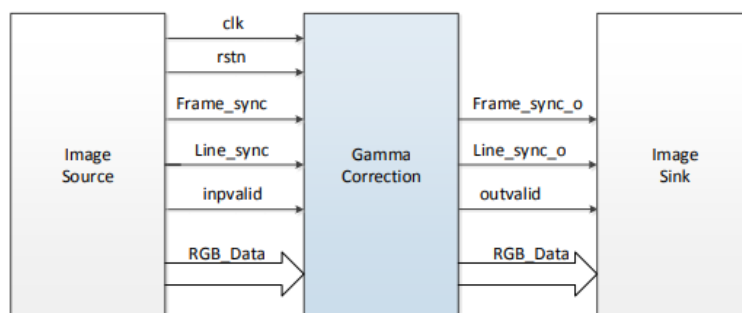
図 3-5 GAMMA モジュール



Gamma Correction（ガンマ補正）は、入力画像のグレイ値に対して指数変換を実行して、明るさの偏差を補正するアルゴリズムです。外部光源に対する人間の目の感度は、入力光強度と指数関数的な関係があります。すなわち、低照度下では、人間の目は明るさの変化を識別しやすく、照度が増加するにつれて、人間の目は明るさの変化を区別しにくくなります。カメラの光感度と入力光強度は通常線形関係にあります。人間の目が画像を認識しやすくするために、カメラによって収集された画像はガンマ補正される必要があります。

このモジュールの主なインターフェースを図 3-6 に示します。

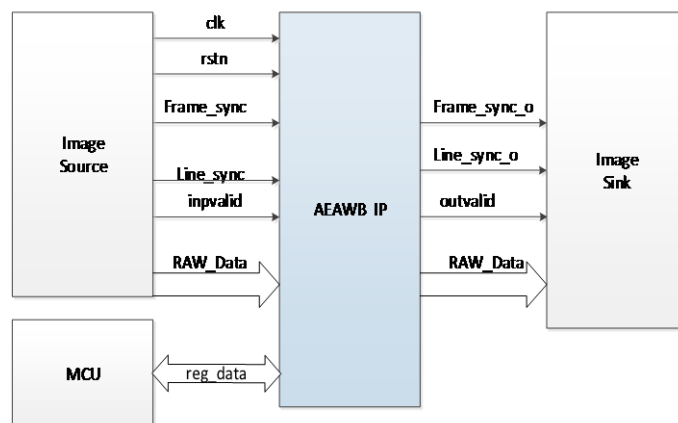
図 3-6 GAMMA モジュールのインターフェース



3.4 AEAWB モジュール

AEAWB（自動露出/オートホワイトバランス）は、主に統計された画像情報に従って画像の露出とホワイトバランスを調整することに使用されます。このモジュールの主なインターフェースを図 3-7 に示します。

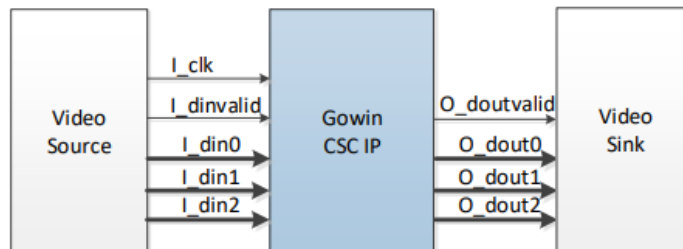
図 3-7 AEAWB モジュールのインターフェース



3.5 CSC モジュール

Gowin CSC (Color Space Convertor) IP は、YCbCr と RGB 間の変換など、3 軸座標の色空間 (RGB, YIQ、YCbCr) を変換するために使用されます。このモジュールの主なインターフェースを図 3-8 に示します。

図 3-8 CSC モジュールのインターフェース

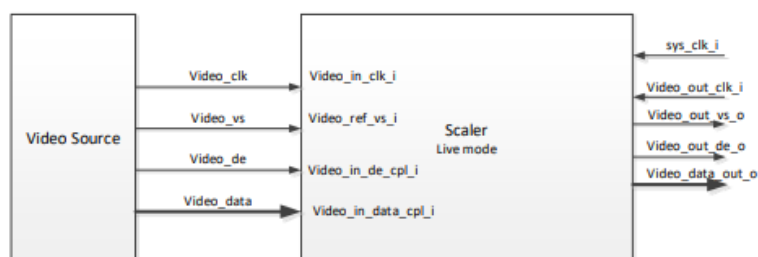


3.6 Scaler モジュール

Gowin Scaler IP は、入力ビデオ画像を解像度 $X_{in} * Y_{in}$ から解像度 $X_{out} * Y_{out}$ に変換して出力するために使用されます。解像度パラメータは、IP 構成 GUI で事前に設定するか、リアルタイムで動的に設定することができます。さらに、Scaler Ip でサポートされる補間アルゴリズムには、最近傍 (Nearest neighbor) 補間、双一次 (Bilinear) 補間、双三次 (Bicubic) 補間が含まれます。

このモジュールの主なインターフェースを図 3-9 に示します。

図 3-9 Scaler モジュールのインターフェース



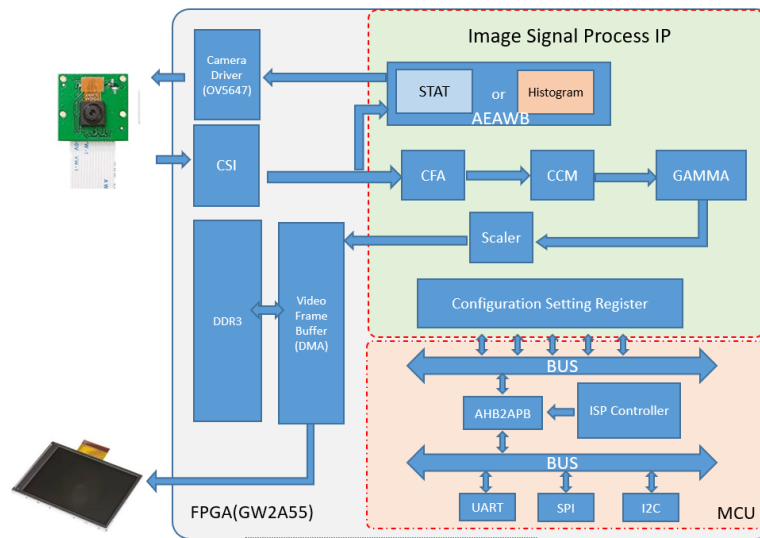
4ISP のリファレンスデザイン

4.1 Demo 設計で使用するハードウェアプラットフォーム

- ISP デモは、DK_START_GW2A55-PG484 開発ボードを使用して実装されます。
- FPGA 部分は、主にイメージセンサードライブの制御、CSI データの受信、ISP 画像信号の処理、DDR3 画像の保存、および LCD ドライブ機能を実装しています。
- MCU 部分は FPGA のソフトコア Cortex-M1 によって実現されます。MCU は UART を介して PC と通信し、命令の制御と表示を実現します。その後、データ命令は MCU の AHB バスを介して FPGA の ISP モジュールのレジスタ読み出しと書き込みを実現します。
- イメージセンサのモデルは OV5647 で、FPGA の CSI インターフェースを介して接続され、制御とデータ通信を実現します。
- LCD のモデルは AT070TN94 で、FPGA の LCD インターフェースを介して接続され、画像の表示を実現します。

4.2 Demo の構造の説明

図 4-1 Demo の構造



FPGA 部分

FPGA 部分では、ドライブモジュールがイメージセンサーを制御して 1080p 30fps 画像を取得し、ISP モジュールが 1080p 画像を処理し、Scaler モジュールが LCD の画像サイズをスケーリングし、最後に LCD が画像を表示します。

- Camera Driver モジュール：イメージセンサーをドライブします。
- CSI モジュール：センサーの CSI インターフェースからのデータを受信および識別します。
- CFA モジュール：センサーからの Bayer 画像データを RGB 画像データに変換します。
- CCM モジュール：RGB 画像の色補正を実行します。
- GAMMA モジュール：画像のガンマ補正を実行します。
- AEWB モジュール：Bayer 画像の数値統計とヒストグラム統計を実行し、統計値に基づいてホワイトバランス処理を実行し、ヒストグラム情報に基づいて露出調整を実行します。
- Scaler モジュール：画像をスケーリングします。
- Video Frame Buffer モジュール：DDR3 の画像読み出しおよび書き込みを制御します。
- DDR3: 画像データの各フレームを保存します。

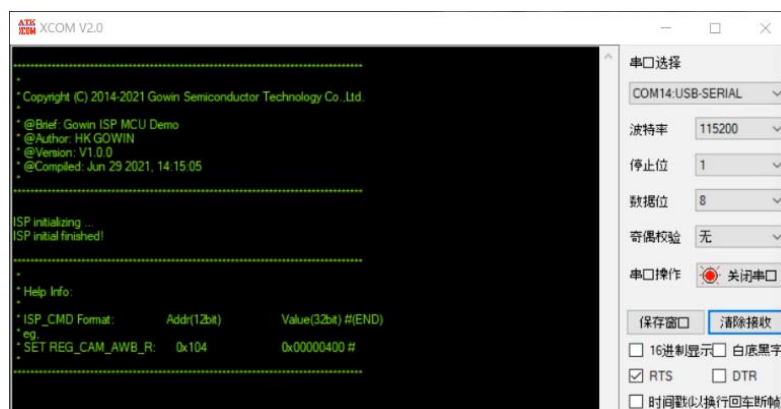
MCU 部分

主に PC の命令制御、FPGA データ通信、および AE と AWB 調整の制御を実現します。

- PC の命令制御：UART を介して PC と通信します。UART 端末が命令を送信するたびに、MCU が割り込みに応答して、命令の受信、識別、および送信操作を完了します。
- FPGA データ通信：内部 AHB パラレルバスを介して、ISP モジュールのレジスタへの読み出しおよび書き込みを制御します。
- AE、AWB 調整制御：ISP モジュールの統計情報とヒストグラム情報を読み出し、AE と AWB を動的に調整して閉ループ制御を形成します。

4.3 MCU の命令制御

1. 初期化の際、FPGA のソフトコア Cortex-M1 は、UART を介して関連する初期化情報を出力します。



2. 命令制御の際、制御のために、UART を介して命令を FPGA ソフトコア Cortex-M1 に送信します。
 - 命令の形式は、アドレス（12 ビット）+データ（32 ビット）+#（終了記号）です。
 - アドレスとデータは 16 進数で入力され、スペース記号で区切られます。
 - 例：AWB レジスタ値を 0x4ff に設定したい場合、命令は “ 0x104 0x4ff # ” です。
 - レジスタの読み出しおよび書き込み操作は次のとおりです。

表 4-1 レジスタの読み出し書き込み

	名前	アドレス	データ	W/R	デフォルト	備考
ISP						
1	ISP_CMD	0x000	[3:0]	W	-	ISP command 4'b0001 --- show current mean value 4'b0010 --- show current histogram

	名前	アドレス	データ	W/R	デフォルト	備考
						value 4'b0011 --- AWB processing 4'b0100 --- AE processing
2	ISP_REG_LOAD	0x004	[15:0]	W	-	Load reg's value from module
3	ISP_REG_GET	0x008		R		Get reg's value
Sensor						
1	CAM_AWB_EN	0x100	[0]	W	0x1	Sensor(Camera) AWB enable (0: Camera Auto enable ; 1: Manual enable)
2	CAM_AWB_R	0x104	[15:0]	W	0x0400	Sensor(Camera) AWB R gain value
3	CAM_AWB_G	0x108	[15:0]	W	0x0400	Sensor(Camera) AWB G gain value
4	CAM_AWB_B	0x10C	[15:0]	W	0x0400	Sensor(Camera) AWB B gain value
5	CAM_AGC_EN	0x110	[0]	W	0x1	Sensor(Camera) AGC manual enable (0: Camera Auto enable ; 1: Manual enable)
6	CAM_AGC_GAIN	0x114	[15:0]	W	0xFF	Sensor(Camera) AGC gain value
7	CAM_AEC_EN	0x118	[0]	W	0x1	Sensor(Camera) AEC manual enable (0: camera Auto enable ; 1: Manual enable)
8	CAM_EXPOSURE	0x11C	[19:0]	W	0x20	Sensor(Camera) AEC Exposure
CCM						
1	CCM_K11	0x200	[31:0]	W	0x0000142C	K11
2	CCM_K12	0x204	[31:0]	W	0xFFFFFC4C	K12

	名前	アドレス	データ	W/R	デフォルト	備考
3	CCM_K13	0x208	[31:0]	W	0x000001A5	K13
4	CCM_K21	0x20C	[31:0]	W	0xFFFFFFFF89	K21
5	CCM_K22	0x210	[31:0]	W	0x000015B5	K22
6	CCM_K23	0x214	[31:0]	W	0xFFFFFFFF760	K23
7	CCM_K31	0x218	[31:0]	W	0x00000108	K31
8	CCM_K32	0x21C	[31:0]	W	0x000000D9	K32
9	CCM_K33	0x220	[31:0]	W	0x000019B7	K33
10	CCM_O1	0x224	[31:0]	W	0xFF7AF699	O1
11	CCM_O2	0x228	[31:0]	W	0xFF7576A4	O2
12	CCM_O3	0x22C	[31:0]	W	0xFF7D23A3	O3
AEAWB						
	AEAWB_GET_AWB_GAIN_R	0x410	[31:0]	R		Get AWB_GAIN_1
2	AEAWB_GET_AWB_GAIN_G	0x414	[31:0]	R		Get AWB_GAIN_2
3	AEAWB_GET_AWB_GAIN_B	0x418	[31:0]	R		Get AWB_GAIN_3
4	AEAWB_MEAN_R	0x420	[31:0]	R		MEAN_R
5	AEAWB_MEAN_G	0x424	[31:0]	R		MEAN_G
6	AEAWB_MEAN_B	0x428	[31:0]	R		MEAN_B
7	AEAWB_MEAN_Y	0x42C	[31:0]	R		MEAN_Y
8	AEAWB_SET_EXPOSURE	0x44C	[31:0]	W		Set the exposure to the MCU
9	AEAWB_HISTO_RDY_GET	0x460	[0]	R		Histogram is ready to read
10	AEAWB_HISTO_RGB_GET	0x500	[29:0]x256	R	-	Load histogram RGB value Each RGB with 10bit in FPGA's address from 0x500 to 0x5FF

3. UART 端末により以下の命令制御を実現できます。

- 画像 RGB の平均値データを読み出します。命令：“ 0x000 0x01 # ”

```
Set ISP's Reg: 0x0, 0x1
mean value of R: 40F583
mean value of G: 53E8CD
mean value of B: 139E
mean value of Y: 4C7AC2
```

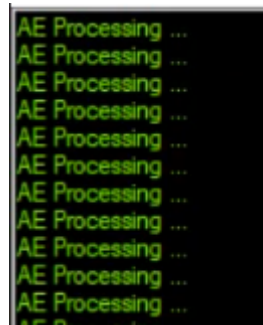
- 画像 RGB のヒストグラムデータを読み出します。命令：“ 0x000 0x02 # ”

```
Histogram Value: R G B
0: 420 21 0
1: 0 0 0
2: 0 0 0
3: 441 39 0
4: 0 0 0
5: 0 0 0
6: 0 0 0
7: 0 0 0
8: 0 0 0
9: 0 0 0
A: 0 0 0
B: 0 0 0
C: 0 0 0
D: 0 0 0
E: 0 0 0
F: 0 0 0
10: 0 0 0
11: 3 0 0
12: 3 400 3
13: 1F 0 A
14: 30 400 15
15: 45B 41F 3B
16: 96 406 67
17: 4D7 413 B3
18: 50C 3 CA
19: 4F8 4B F6
1A: 50C 83 11A
1B: 50C 4C3 13F
1C: 11C DE 12C
```

- AWB 処理。命令：“0x000 0x03 #”。開始後、同じ命令を再度入力すると、AWB 処理が停止します。

```
AWB Processing ...
AWB Processing ...
AWB Processing ...
AWB Processing ...
AWB Processing ...
AWB Processing ...
AWB Processing ...
AWB Processing ...
AWB Processing ...
AWB Processing ...
AWB Processing ...
AWB Processing ...
```

- AE 処理。命令：“0x000 0x04 #”。開始後、同じ命令を再度入力すると、AE 処理が停止します。



- イメージセンサーの関連レジスタに書き込みます。命令：“0x1XX 0xXX #”。
- ISP CCM モジュールの関連レジスタに書き込みます。命令：“0x2XX 0xXX #”。
- 露出レジスタに書き込みます。命令：“0x44C 0xXX #”。

