

AD9880 カラー・スペース・コンバータのユーザズ・ガイド

著者: Del Jones

カラー・スペース変換マトリクス

AD9880 のカラー・スペース変換マトリクス(CSC)は 3×3 のマトリクスであり、すべてのマトリクス係数を設定することができます。各係数は、信号インテグリティを維持するために 12 ビット幅になっています。この CSC は最大 150 MHz の速度で動作するようにデザインされており、60 Hz レートで 1080 p をサポートしています。この CSC は任意のカラー・スペースから任意のカラー・スペースへの変換をサポートしているため、RGB、YUV、YCrCb などのフォーマットをサポートしています。

この CSC は同じ処理チャンネルを 3 チャンネル内蔵しており、その内の 1 チャンネルを図 1 に示します。メイン入力 In_A 、 In_B 、 In_C 、には、ADC または DVI の各チャンネルからの 8 ビット出力が入力されます。CSC の各チャンネルの各入力には、各チャンネルの係数が乗算されます。図 1 では、これらの係数を $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ で示してあります。

図内で $A4$ で表される変数は、CSC のチャンネル A に対するオフセット制御として使われます。CSC の 1 チャンネルあたりの機能図は、残りの 2 チャンネル B と C でも同じです。これらのチャンネルの係数は、 $B1$ 、 $B2$ 、 $B3$ 、 $B4$ 、 $C1$ 、 $C2$ 、 $C3$ 、 $C4$ で表します。

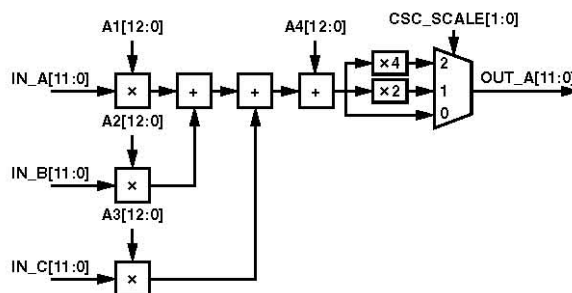


図 1. CSC の 1 チャンネルあたりの機能

表 1 に、係数の詳細を示します。デフォルトの I²C パワーオン・リセット値も示してあります。

表 1. CSC の係数

Bit	AD9880 Register	Default Value	Description
CSC_scale[1:0]	0x35 bits 6:5	1	Scaling for CSC formula
A1[12:0]	0x35 – 0x36	3154	Coefficients for Channel A
A2[12:0]	0x37 – 0x39	2048	
A3[12:0]	0x39 – 0x3A	0	
B1[12:0]	0x3D – 0x3E	-940	Coefficients for Channel B
B2[12:0]	0x3F – 0x40	2048	
B3[12:0]	0x41 – 0x42	-375	
C1[12:0]	0x45 – 0x46	0	Coefficients for Channel C
C2[12:0]	0x47 – 0x48	2048	
C3[12:0]	0x49 – 0x4A	3719	
A4[12:0]	0x3B – 0x3C	-1577	Offsets for the three channels
B4[12:0]	0x43 – 0x44	658	
C4[12:0]	0x4B – 0x4C	-1859	

CSCの設定

CSCにより実行される各式は次のようになります。

CSC チャンネル A

$$Out_A = [In_A \times \frac{A1}{4096} + B \frac{A2}{4096} + In_C \times \frac{A3}{4096} + A4] \times 2^{CSC_scale} \quad (1)$$

CSC チャンネル B

$$Out_B = [In_A \times \frac{B1}{4096} + B \frac{B2}{4096} + In_C \times \frac{B3}{4096} + B4] \times 2^{CSC_scale} \quad (2)$$

CSC チャンネル C

$$Out_C = [In_A \times \frac{C1}{4096} + B \frac{C2}{4096} + In_C \times \frac{C3}{4096} + C4] \times 2^{CSC_scale} \quad (3)$$

式1、式2、式3に示すように、A1～A3、B1～B3、C1～C3の係数はプライマリ入力のスケールリングに使われます。その後でA4、B4、C4の値がオフセットとして加算されます。CSC_scale ビットを使うと、変換係数が1以上の変換式を実現することができます。言い換えれば、係数が1以上の式を実現する場合、CSC_scale ビットを使って出力コードが12ビット限界値の4095を超えないようにすることができます。表IIに、各CSC_scale 設定値を使用できる条件を示します。3つのCSC式のいずれかで係数のスケールリングが必要な場合には(CSC_scale ≠ 0)、式1、式2、式3に示すようにすべての係数(オフセット値も含む)がスケールリングされることに注意してください。A1～A4、B1～B4、C1～C4の値は、所望の変換式の係数に4096/2^{CSC_scale}を乗算した値になります。

表 II.CSC_scale の設定値

CSC_scale	Conversion Coefficient
0	N < 1
1	1 ≤ N < 2
2	2 ≤ N < 4

CSCの正常動作のためには、表IIIに示すチャンネル・マッピングに従う必要があることに注意してください。

表 III.CSC ポートのマッピング

Channel	AD9980 Input(analog)	CSC Channel
Red/Pr	R _{AIN}	A
Green/Y	G _{AIN}	B
Blue/Pb	B _{AIN}	C

出力のマッピングは、出力フォーマットに依存します。詳細については、AD9980 データ・シートを参照してください。

設定手順

一般式から設定値を得るためには、次のステップを実行する必要があります。

1. 各係数の値をチェックします。

範囲-0.999～+0.999の係数のみを設定することができます。これより大きな係数をサポートするときは、CSC_scale 機能を使う必要があります(表II参照)。

CSC_scale の設定値を求め、必要に応じて係数を調整します。

2. 係数値を設定します。

浮動小数点係数に[4096/2^{CSC_scale}]を乗算して固定の12ビット10進フォーマットへ変換します。負の値に対しては2の補数を使ってバイナリ・フォーマットへ変換します。

A1～A3、B1～B3、C1～C3 を設定します。

3. オフセット値を設定します。

カラー・スペースのタイプに応じて、変換オフセットを使う必要があります。

A4、B4、C4 を設定します。

CSCの例

次に示す式のセットにより、HDTV YCbCr から RGB (12ビット)への変換例を示します。

$$R = Y + 1.540(Cr - 2048) = Y + 1.540 \times Cr - 3154$$

$$G = Y - 0.459(Cr - 2048) - 0.183(Cb - 2048) = Y - 0.459 \times Cr - 0.183 \times Cb + 1315$$

$$B = Y + 1.816(Cb - 2048) = Y + 1.816 \times Cb - 3719$$

元の式では、Pr コンポーネントと Pb コンポーネントに対するオフセット値は128です。この値128は、8ビット・システム範囲の1/2に対応します。AD9980のCSCは12ビット範囲で動作することに注意する必要があります。このため、オフセットを128から12ビット・システム範囲の1/2(=2048)へ変更する必要があります。

各係数値のチェック

各係数の最大値としては、-4095/4096 ~ 4095/4096 (= -0.999755859375 ~ 0.999755859375)の範囲が可能です。この範囲外の値は、係数の設定で使われる12ビット固定小数フォーマットで表すことができません。

サポートされている係数範囲を超える係数がある場合には、CSC_scale ビットを使ってCSCをスケールリングする必要があります。

CSC_scale に“1”を設定すると、すべての係数が1/2にスケールリングされて、与えられた係数範囲を満たすようになります。その後、CSCの全体出力が2倍されて、スケール・ダウンした係数が補償されます。

この例では、最大係数は 1.816 であるため、CSC_scale ビットが“01”に設定されます。

1. 与えられた係数に対して係数値 1.0 を実現するときは、CSC_scale ビットに“1”を設定して、係数として実際に設定する値は 0.5 にする必要があります。その他の場合、最大値は $4095/4096 = 0.9997$ であり、1 にはなりません。この値は 1 として解釈されますが、最大精度を得るためには、値 0.5 と CSC_scale ビットを使うことが推奨されます。
2. 係数の値が非常に大きい場合は(例えば 2.58)、CSC_scale に“2”を設定して、すべての係数を 1/4 にスケールする必要があります。これにより、与えられた係数範囲を満たすことができます。次に、CSC の全体出力が 4 倍されて、スケール・ダウンした係数が補償されます。

係数値は次のように設定します。

$$R = 1.540 \times Cr + 0 \times Cb + 1 \times Y - 3154$$

$$G = -0459 \times Cr - 0.183 \times Cb + 1 \times Y + 1315$$

$$B = 0 \times Cr + 1.816 \times Cb + 1 \times Y - 3719$$

- 係数値は、固定小数点フォーマットで 12 ビット精度に設定されます。
- 浮動小数点係数を変換するときは、212 (4096)を乗算して、12 ビットに丸め処理する必要があります。
- 負値は 2 の補数で表す必要があります。

In_A には Pr または R コンポーネントを、In_B には Y または G コンポーネントを、In_C には Pb または B コンポーネントを、それぞれ入力します。同様に、Out_A = Pr または R に、Out_B = Y または G に、Out_C = Pb または B に、それぞれなります。

オフセット値の設定

オフセット値(A4, B4, C4)を設定するときは、CSC_scale に 1 を設定して、元の式のオフセット値を 1/2 倍する必要があります。

表 IV. オフセット値の例

Equation	Original Offset	Adjusted Offset*	Register	Hex Value (13-bit, twos complement)
Red	-3154	-1577	A4[12:0]	0x19D7
Green	1315	657	B4[12:0]	0x0291
Blue	-3719	-1859	C4[12:0]	0x18BD

*CSC_scale に 1 が設定されるため、計算した係数は 2^{-12} で除算されます。

表 V. 係数の計算例

Equation	Equation Coefficients		Calculation*	Rounded Result (-4096 ≤ N < 4096)	Register	Hex Value (Twos complement)
Red	Cr	1.54	$1.54 \times 4096/2$	3154	A1[12:0]	0x0C52
	Y	1	$1 \times 4096/2$	2048	A2[12:0]	0x0800
	Cb	0	$0 \times 4096/2$	0	A3[12:0]	0x0000
Green	Cr	-0.459	$0.459 \times 4096/2$	-940	B1[12:0]	0x1C54
	Y	1	$1 \times 4096/2$	2048	B2[12:0]	0x0800
	Cb	-0.183	$0.183 \times 4096/2$	-375	B3[12:0]	0x3E89
Blue	Cr	0	$0 \times 4096/2$	0	C1[12:0]	0x000
	Y	1	$1 \times 4096/2$	2048	C2[12:0]	0x0800
	Cb	1.816	$1.816 \times 4096/2$	3719	C3[12:0]	0x0E87

*CSC_scale に 1 が設定されるため、計算した係数は 2 で除算されます。

CSC例に対するレジスタ設定値

CSC 例の場合、AD9880 の I²C レジスタには表 VI に示す値を設定する必要があります。

表 VI. カラー・スペース変換とデシメーション・フィルタ

Register	Address	Bit Description and Values								Hex Value
Red/Cr Coeff. 1	0x35	unused	CSC_scale[1:0]	A1.12	A1.11	A1.10	A1.9	A1.8	0x0C	
		* 0	1 0	1	1	0	0			
	0x36	A1.7	A1.6	A1.5	A1.4	A1.3	A1.2	A1.1	A1.0	0x52
Red/Cr Coeff. 2	0x37	unused	unused	unused	A2.12	A2.11	A2.10	A2.9	A2.8	0x08
		* *	* *	* 0	0	0	0	0		
	0x38	A2.7	A2.6	A2.5	A2.4	A2.3	A2.2	A2.1	A2.0	0x00
Red/Cr Coeff. 3	0x39	unused	unused	unused	A3.12	A3.11	A3.10	A3.9	A3.8	0x00
		* *	* *	* 0	0	0	0	0		
	0x3A	A3.7	A3.6	A3.5	A3.4	A3.3	A3.2	A3.1	A3.0	0x00
Red/Cr Offset	0x3B	unused	unused	unused	A4.12	A4.11	A4.10	A4.9	A4.8	0x19
		* *	* *	* 1	1	0	0	1		
	0x3C	A4.7	A4.6	A4.5	A4.4	A4.3	A4.2	A4.1	A4.0	0xD7
Green/Y Coeff. 1	0x3D	unused	unused	unused	B1.12	B1.11	B1.10	B1.9	B1.8	0x1C
		* *	* *	* 1	1	1	0	0		
	0x3E	B1.7	B1.6	B1.5	B1.4	B1.3	B1.2	B1.1	B1.0	0x54
Green/Y Coeff. 2	0x3F	unused	unused	unused	B2.12	B2.11	B2.10	B2.9	B2.8	0x08
		* *	* *	* 0	1	0	0	0		
	0x40	B2.7	B2.6	B2.5	B2.4	B2.3	B2.2	B2.1	B2.0	0x00
Green/Y Coeff. 3	0x41	unused	unused	unused	B3.12	B3.11	B3.10	B3.9	B3.8	0x3E
		* *	* *	* 1	1	1	1	0		
	0x42	B3.7	B3.6	B3.5	B3.4	B3.3	B3.2	B3.1	B3.0	0x89
Green/Y Coeff. 4	0x43	unused	unused	unused	B4.12	B4.11	B4.10	B4.9	B4.8	0x02
		* *	* *	* 0	0	0	1	0		
	0x44	B4.7	B4.6	B4.5	B4.4	B4.3	B4.2	B4.1	B4.0	0x91
Blue/Cb Coeff. 1	0x45	unused	unused	unused	C1.12	C1.11	C1.10	C1.9	C1.8	0x00
		* *	* *	* 0	0	0	0	0		
	0x46	C1.7	C1.6	C1.5	C1.4	C1.3	C1.2	C1.1	C1.0	0x00
Blue/Cb Coeff. 2	0x47	unused	unused	unused	C2.12	C2.11	C2.10	C2.9	C2.8	0x08
		* *	* *	* 0	1	0	0	0		
	0x48	C2.7	C2.6	C2.5	C2.4	C2.3	C2.2	C2.1	C2.0	0x00
Blue/Cb Coeff. 3	0x49	unused	unused	unused	C3.12	C3.11	C3.10	C3.9	C3.8	0x0E
		* *	* *	* 0	1	1	1	0		
	0x4A	C3.7	C3.6	C3.5	C3.4	C3.3	C3.2	C3.1	C3.0	0x87
Blue/Cb Offset	0x4B	unused	unused	unused	C4.12	C4.11	C4.10	C4.9	C4.8	0x18
		* *	* *	* 1	1	0	0	0		
	0x4C	C4.7	C4.6	C4.5	C4.4	C4.3	C4.2	C4.1	C4.0	0xBD
		1	0	1	1	1	0	1		

凡例: ■ レジスタ・テーブルのビット名 ■ ビット値の例 ■ レジスタ値の例

アペンディックス

標準のカラー・スペース変換でのレジスタ設定値

表 VII. HDTV YCrCb (0 – 255) to RGB (0 – 255)*

Register	Address	Value
Red/Cr Coeff. 1	0x35	0x0C
	0x36	0x52
Red/Cr Coeff. 2	0x37	0x08
	0x38	0x00
Red/Cr Coeff. 3	0x39	0x00
	0x3A	0x00
Red/Cr Coeff. Offset	0x3B	0x19
	0x3C	0xD7
Green/Y Coeff. 1	0x3D	0x1C
	0x3E	0x54
Green/Y Coeff. 2	0x3F	0x08
	0x40	0x00
Green/Y Coeff. 3	0x41	0x3E
	0x42	0x89
Green/Y Coeff. Offset	0x43	0x02
	0x44	0x91
Blue/Cb Coeff. 1	0x45	0x00
	0x46	0x00
Blue/Cb Coeff. 2	0x47	0x08
	0x48	0x00
Blue/Cb Coeff. 3	0x49	0x0E
	0x4A	0x87
Blue/Cb Coeff. Offset	0x4B	0x18
	0x4C	0xBD

表 VIII. HDTV YCrCb (16 – 235)から RGB (0 – 255)への変換

Register	Address	Value
Red/Cr Coeff. 1	0x35	0x47
	0x36	0x2C
Red/Cr Coeff. 2	0x37	0x04
	0x38	0xA8
Red/Cr Coeff. 3	0x39	0x00
	0x3A	0x00
Red/Cr Coeff. Offset	0x3B	0x1C
	0x3C	0x1F
Green/Y Coeff. 1	0x3D	0x1D
	0x3E	0xDD
Green/Y Coeff. 2	0x3F	0x04
	0x40	0xA8
Green/Y Coeff. 3	0x41	0x1F
	0x42	0x26
Green/Y Coeff. Offset	0x43	0x01
	0x44	0x34
Blue/Cb Coeff. 1	0x45	0x00
	0x46	0x00
Blue/Cb Coeff. 2	0x47	0x04
	0x48	0xA8
Blue/Cb Coeff. 3	0x49	0x08
	0x4A	0x75
Blue/Cb Coeff. Offset	0x4B	0x1B
	0x4C	0x7D

*これは例と同じ変換です。係数は、AD9880 のデフォルト設定値です。

表 IX. SDTV YCrCb (0 – 255)から RGB (0 – 255)への変換

Register	Address	Value
Red/Cr Coeff. 1	0x35	0x2A
	0x36	0xFA
Red/Cr Coeff. 2	0x37	0x08
	0x38	0x00
Red/Cr Coeff. 3	0x39	0x00
	0x3A	0x00
Red/Cr Coeff. Offset	0x3B	0x1A
	0x3C	0x84
Green/Y Coeff. 1	0x3D	0x1A
	0x3E	0x6A
Green/Y Coeff. 2	0x3F	0x08
	0x40	0x00
Green/Y Coeff. 3	0x41	0x1D
	0x42	0x50
Green/Y Coeff. Offset	0x43	0x04
	0x44	0x23
Blue/Cb Coeff. 1	0x45	0x00
	0x46	0x00
Blue/Cb Coeff. 2	0x47	0x08
	0x48	0x00
Blue/Cb Coeff. 3	0x49	0x0D
	0x4A	0xDB
Blue/Cb Coeff. Offset	0x4B	0x19
	0x4C	0x12

表 X. SDTV YCrCb (16 – 235)から RGB (0 – 255)への変換

Register	Address	Value
Red/Cr Coeff. 1	0x35	0x46
	0x36	0x63
Red/Cr Coeff. 2	0x37	0x04
	0x38	0xA8
Red/Cr Coeff. 3	0x39	0x00
	0x3A	0x00
Red/Cr Coeff. Offset	0x3B	0x1C
	0x3C	0x84
Green/Y Coeff. 1	0x3D	0x1C
	0x3E	0xC0
Green/Y Coeff. 2	0x3F	0x04
	0x40	0xA8
Green/Y Coeff. 3	0x41	0x1E
	0x42	0x6F
Green/Y Coeff. Offset	0x43	0x02
	0x44	0x1E
Blue/Cb Coeff. 1	0x45	0x00
	0x46	0x00
Blue/Cb Coeff. 2	0x47	0x04
	0x48	0xA8
Blue/Cb Coeff. 3	0x49	0x08
	0x4A	0x11
Blue/Cb Coeff. Offset	0x4B	0x1B
	0x4C	0xAD

表 XI. RGB (0 – 255)から HDTV YCrCb (0 – 255)への変換

Register	Address	Value
Red/Cr Coeff. 1	0x35	0x08
	0x36	0x2D
Red/Cr Coeff. 2	0x37	0x18
	0x38	0x93
Red/Cr Coeff. 3	0x39	0x1F
	0x3A	0x3F
Red/Cr Coeff. Offset	0x3B	0x08
	0x3C	0x00
Green/Y Coeff. 1	0x3D	0x03
	0x3E	0x68
Green/Y Coeff. 2	0x3F	0x0B
	0x40	0x71
Green/Y Coeff. 3	0x41	0x01
	0x42	0x27
Green/Y Coeff. Offset	0x43	0x00
	0x44	0x00
Blue/Cb Coeff. 1	0x45	0x1E
	0x46	0x21
Blue/Cb Coeff. 2	0x47	0x19
	0x48	0xB2
Blue/Cb Coeff. 3	0x49	0x08
	0x4A	0x2D
Blue/Cb Coeff. Offset	0x4B	0x08
	0x4C	0x00

表 XII. RGB (0 – 255)から HDTV YCrCb (16 – 235)への変換

Register	Address	Value
Red/Cr Coeff. 1	0x35	0x07
	0x36	0x06
Red/Cr Coeff. 2	0x37	0x19
	0x38	0xA0
Red/Cr Coeff. 3	0x39	0x1F
	0x3A	0x5B
Red/Cr Coeff. Offset	0x3B	0x08
	0x3C	0x00
Green/Y Coeff. 1	0x3D	0x02
	0x3E	0xED
Green/Y Coeff. 2	0x3F	0x09
	0x40	0xD3
Green/Y Coeff. 3	0x41	0x00
	0x42	0xFD
Green/Y Coeff. Offset	0x43	0x01
	0x44	0x00
Blue/Cb Coeff. 1	0x45	0x1E
	0x46	0x64
Blue/Cb Coeff. 2	0x47	0x1A
	0x48	0x96
Blue/Cb Coeff. 3	0x49	0x07
	0x4A	0x06
Blue/Cb Coeff. Offset	0x4B	0x08
	0x4C	0x00

表 XIII. RGB (0 – 255)から HDTV YCrCb (0 – 255)への変換

Register	Address	Value
Red/Cr Coeff. 1	0x35	0x08
	0x36	0x2D
Red/Cr Coeff. 2	0x37	0x19
	0x38	0x27
Red/Cr Coeff. 3	0x39	0x1E
	0x3A	0xAC
Red/Cr Coeff. Offset	0x3B	0x08
	0x3C	0x00
Green/Y Coeff. 1	0x3D	0x04
	0x3E	0xC9
Green/Y Coeff. 2	0x3F	0x09
	0x40	0x64
Green/Y Coeff. 3	0x41	0x01
	0x42	0xD3
Green/Y Coeff. Offset	0x43	0x00
	0x44	0x00
Blue/Cb Coeff. 1	0x45	0x1D
	0x46	0x3F
Blue/Cb Coeff. 2	0x47	0x1A
	0x48	0x93
Blue/Cb Coeff. 3	0x49	0x08
	0x4A	0x2D
Blue/Cb Coeff. Offset	0x4B	0x08
	0x4C	0x00

表 XIV. RGB (0 – 255)から HDTV YCrCb (16 – 235)への変換

Register	Address	Value
Red/Cr Coeff. 1	0x35	0x07
	0x36	0x06
Red/Cr Coeff. 2	0x37	0x1A
	0x38	0x1E
Red/Cr Coeff. 3	0x39	0x1E
	0x3A	0xDC
Red/Cr Coeff. Offset	0x3B	0x08
	0x3C	0x00
Green/Y Coeff. 1	0x3D	0x04
	0x3E	0x1C
Green/Y Coeff. 2	0x3F	0x08
	0x40	0x11
Green/Y Coeff. 3	0x41	0x01
	0x42	0x91
Green/Y Coeff. Offset	0x43	0x01
	0x44	0x00
Blue/Cb Coeff. 1	0x45	0x1D
	0x46	0xA3
Blue/Cb Coeff. 2	0x47	0x1B
	0x48	0x57
Blue/Cb Coeff. 3	0x49	0x07
	0x4A	0x06
Blue/Cb Coeff. Offset	0x4B	0x08
	0x4C	0x00