

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150MHzの速度で動作するようにデザインされており、60Hzレートで1080p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。

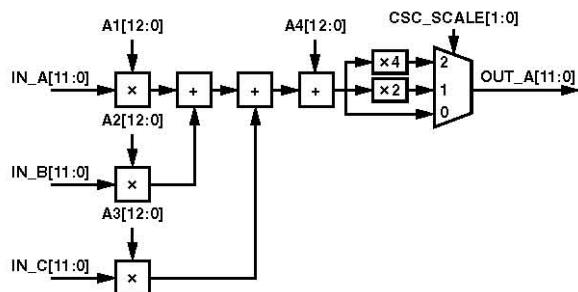


図1. CSCの1チャンネルあたりの機能

表I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おります。

表I. 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	

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものではありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。

※日本語データシートはREVISIONが古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。
 ©2005 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

CSCの設定

CSCにより実行される各式は次のようにになります。

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	$1 \leq N < 2$
2	$2 \leq N < 4$

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、AD9880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。

- 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。

- 係数値を設定します。

浮動小数点係数に[4096/2CSC_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。

- 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。AD9880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。

- 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、値 0.5 と CSC_scale ビットを使うことが推奨されます。
- 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。

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

$$G = -0.459 \times Cr - 0.183 \times Cb + 1 \times Y + 1315$$

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

- 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 $2^{-(CSC_scale)}$ 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]	0x0000
	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
	0x36	*	0		1	0	1	1	0	0
Red/Cr Coeff. 2	0x37	A1.7	A1.6	A1.5	A1.4	A1.3	A1.2	A1.1	A1.0	0x52
	0x38	0	1	0	1	0	0	1	0	0
Red/Cr Coeff. 3	0x39	unused	unused	unused	A2.12	A2.11	A2.10	A2.9	A2.8	0x08
	0x3A	*	*	*	0	0	0	0	0	0
Red/Cr Offset	0x3B	unused	unused	unused	A3.12	A3.11	A3.10	A3.9	A3.8	0x00
	0x3C	*	*	*	0	0	0	0	0	0
Green/Y Coeff. 1	0x3D	unused	unused	unused	B1.12	B1.11	B1.10	B1.9	B1.8	0x1C
	0x3E	*	*	*	1	1	1	0	0	0
Green/Y Coeff. 2	0x3F	unused	unused	unused	B2.12	B2.11	B2.10	B2.9	B2.8	0x08
	0x40	*	*	*	0	1	0	0	0	0
Green/Y Coeff. 3	0x41	unused	unused	unused	B3.12	B3.11	B3.10	B3.9	B3.8	0x3E
	0x42	*	*	*	1	1	1	1	0	0
Green/Y Coeff. 4	0x43	unused	unused	unused	B4.12	B4.11	B4.10	B4.9	B4.8	0x02
	0x44	*	*	*	0	0	0	1	0	0
Blue/Cb Coeff. 1	0x45	unused	unused	unused	C1.12	C1.11	C1.10	C1.9	C1.8	0x00
	0x46	*	*	*	0	0	0	0	0	0
Blue/Cb Coeff. 2	0x47	unused	unused	unused	C2.12	C2.11	C2.10	C2.9	C2.8	0x08
	0x48	C1.7	C1.6	C1.5	C1.4	C1.3	C1.2	C1.1	C1.0	0x00
Blue/Cb Coeff. 3	0x49	unused	unused	unused	C3.12	C3.11	C3.10	C3.9	C3.8	0x0E
	0x4A	*	*	*	0	1	1	1	0	0
Blue/Cb Offset	0x4B	unused	unused	unused	C4.12	C4.11	C4.10	C4.9	C4.8	0x18
	0x4C	*	*	*	1	1	1	0	0	0

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pendix

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