



White Paper

Rappresentazione monocromatica nei monitor LCD medicali

CONTENUTI

| | |
|--|----|
| 1. Prefazione..... | 2 |
| 2. Immagini medicali su LCD Monitor standard (8-bit input e output)..... | 3 |
| 3. Come visualizzare una scala di grigi accurata su monitor..... | 4 |
| 3-1. Funzione standard visualizzazione scala di grigi basata su una valutazione ergonomica | 4 |
| 3-2. Look-Up Table per la correzione delle caratteristiche dei toni grigi..... | 6 |
| 4. Monitor con correzione delle caratteristiche dei toni grigi (Look-Up Table) | 7 |
| 4-1. Look-Up Table su schede grafiche..... | 7 |
| 4-2. Monitor 8-bit con LUT di 10.5-bit | 10 |
| 4-3. Monitor 10-bit con LUT di 10-bit | 13 |
| 4-4. Monitor 10-bit con LUT di 11.5-bit | 16 |
| 4-5. E' necessaria una capacità superiore?..... | 19 |
| 5. Conclusione | 20 |

No.04-001 Revision A

October 2004

EIZO NANA CORPORATION

radiforce.com

1. Prefazione

L'utilizzo di refertazione soft-copy è un passaggio fondamentale per la completa digitalizzazione del processo diagnostico e per l'introduzione nella pratica clinica di tecniche di elaborazione e di ausilio alla diagnosi. Ciò richiede la valutazione delle prestazioni dei dispositivi di visualizzazione in relazione alla massima brillantezza e definizione, nonché una calibrazione standard per ottenere una rappresentazione visiva omogenea tra sistemi diversi, condizione necessaria per garantire l'uniformità di valutazione.

Quale sono le caratteristiche fondamentali che rendono adeguato un monitor LCD all'applicazione medica? Questo white paper illustra i requisiti necessari della scala dei grigi per l'uso nell'ambito medico e per la visualizzazione adatta all'applicazione medica digitalizzata.



2. Immagini medicali su LCD monitor standard (8-bit input e output)

I monitor per refertazione primaria devono fornire delle elevate prestazioni in termini di toni di grigio. Una qualità d'immagine di estrema purezza è di grande importanza nel campo delle applicazioni Medical Imaging per garantire un'assoluta precisione nella diagnosi.

Cosa avviene se un'immagine medica viene riprodotta da un monitor LCD standard?

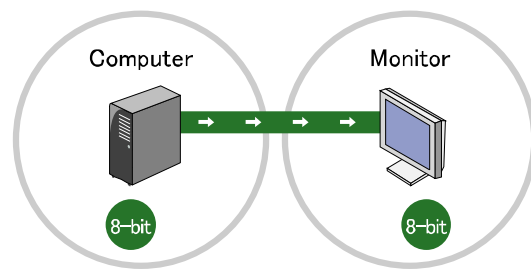


Fig. 1: 8-8-bit monitor system



Fig. 2: Original X-ray image

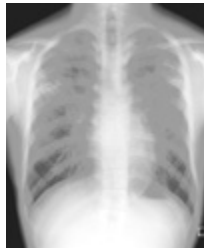


Fig. 3: Image on 8-8-bit monitor system

Un monitor standard riceve normalmente i dati dell'immagine dal computer ad una risoluzione di 8-bit (256 toni) e li riproduce nella stessa risoluzione di 8-bit (256 toni). Questo sistema di monitor viene comunemente chiamato 8-8-bit perchè sia i segnali d'ingresso che d'uscita presentano una risoluzione di 8-bit come illustrato su Fig. 1.

Se un'immagine a raggi-X su film viene visualizzata su un sistema 8-8-bit (vedi Fig. 3), l'immagine prodotta varia dall'originale (vedi Fig. 2). In molti casi, la versione soft-copy sembra più lattea o più scura del film originale e non è in grado di percepire la parte affetta che tende ad essere indicata con dei toni grigi più delicati.

Qualè la causa di questa differenza? E' evidente che la differenza principale è la diversa visualizzazione delle tonalità grigie sullo schermo. Le tonalità grigie nell'originale sono assolutamente lievi ed hanno una gradazione quasi impercettibile dal nero al grigio ed al bianco. Questa è la rappresentazione ideale della scala di grigi. La scala di grigi rappresentata da un monitor 8-8 bit tuttavia non è in grado di rappresentarla. (vedi Fig. 5).

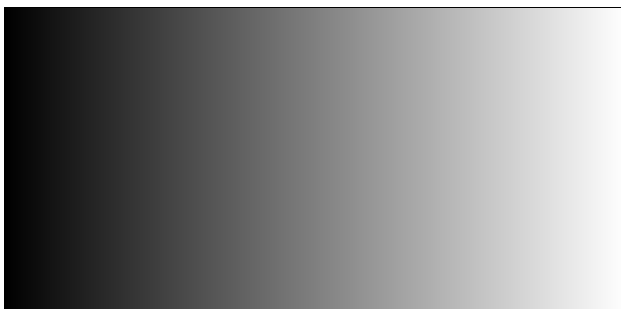


Fig. 4: Original grayscale image (Ideal image)

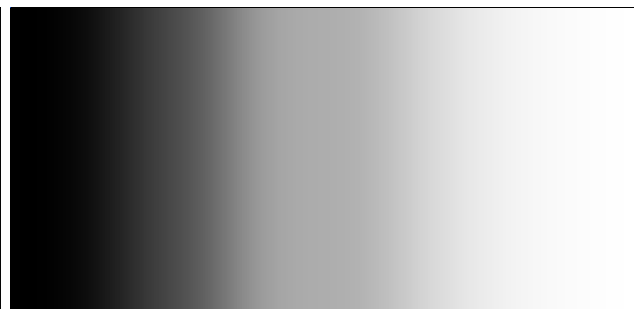


Fig. 5: Grayscale image on an 8-8-bit monitor system

Le irregolarità tra le diverse tonalità di grigio varia da produttore a produttore e da modello a modello. La transazione visuale dell'originale dipende quindi chiaramente dalle caratteristiche dei livelli di grigio disponibili in un monitor. In altre parole, la stessa immagine appare totalmente diversa a seconda del modello o del monitor usato.

E' necessario sottolineare che una funzione di correzione delle caratteristiche della scala dei grigi è di vitale importanza per un monitor per applicazioni medicali, per poter settare adeguatamente le tonalità di grigio che variano da computer a computer. Per poter garantire una correzione standardizzata si ricorre alla curva DICOM, lo standard principale per l'archiviazione e lo scambio di immagini digitali.

3. Come visualizzare una scala di grigi accurata su monitor

3-1. Funzione standard visualizzazione scala di grigi basata su una valutazione ergonomica

Lo standard DICOM per Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) è uno standard per lo scambio e l'archiviazione di immagini digitalizzate che è stato sviluppato dall' American College of Radiology (ACR) e la National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Nel "gergo" di DICOM ogni immagine biomedica (radiografia, film angiografico, immagine, ecocardiografica, immagine di medicina nucleare ecc.) viene definita informazione *oggetto*: l'azione (stampa, visualizzazione, archiviazione) che viene svolta su quell'informazione oggetto viene definita *classe di servizio*; la macchina (computer, ecocardiografo, angiografo ecc.) che effettua queste classi di servizio su quell'informazione oggetto viene definita *applicazione*. L'associazione tra un'informazione oggetto ed una classe di servizio (ad esempio archiviare una radiografia, visualizzare un'immagine) definisce l'accoppiata oggetto-servizio o *service object pair* (SOP). La SOP è l'unità base della conformità DICOM.

Lo standard DICOM è piuttosto complesso, le sue specifiche sono suddivise in 16 sezioni . La sezione 14 introduce una funzione di visualizzazione della scala dei grigi (GSDF Grayscale Standard Display Function) che descrive matematicamente il modo con cui i valori dei pixel delle immagini digitali devono essere convertiti in valori di luminanza (livelli di grigio). La risposta visiva di un osservatore umano dipende dalla curva caratteristica del dispositivo di visualizzazione che deve integrarsi con la sensibilità di contrasto dell'osservatore stesso. I livelli digitali che governano il sistema di visualizzazione sono determinati in modo che ciascun incremento di tali valori corrisponda ad un incremento di luminanza appena percettibile da parte dell'osservatore umano. La differenze di luminanza possono essere misurate tramite un parametro assoluto detto "just noticeable difference" (JND) (vedi Fig. 6). La funzione di visualizzazione (GSDF) è basata sulla sensibilità di contrasto dell'osservatore umano calcolata, utilizzando il modello di Barten.

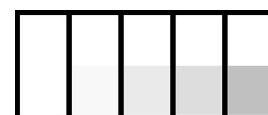


Fig. 6: Just-Noticeable Difference (JND)

DICOM Part 14 include una tabella con valori di luminanza (luminosità) da confrontare con il numero di livelli di luminanza percettibili (JND). Lo standard della funzione di visualizzazione della scala di grigi è definito con valori che variano da 0.05 a 4000 cd/m². I valori più bassi sono quelli realizzati da un monitor CRT, i valori più alti da una light-box per immagini mammografiche a raggi X. Nell'ambito di questa luminosità, l'occhio umano percepisce 1023 JND. Se la tonalità cambia, i passi JND sono meno di 1, il valore di grigio rappresentato sembra idealmente tenue. Se invece il cambio di tonalità in un passo JND è maggiore di 2, per esempio da 1 a 4, da 4 a 7, la tonalità appare irregolare sul monitor.

| JND | Brightness [cd/m ²] |
|------|---------------------------------|
| 1 | 0.0500 |
| 2 | 0.0547 |
| 3 | 0.0594 |
| 4 | 0.0643 |
| | |
| 1021 | 3941.8580 |
| 1022 | 3967.5470 |
| 1023 | 3993.4040 |

Table 1: JND-Brightness table

Grayscale Standard Display Function (GSDF) è linearizzata dalla grafica sottostante e questa curva viene comunemente chiamata curva DICOM.

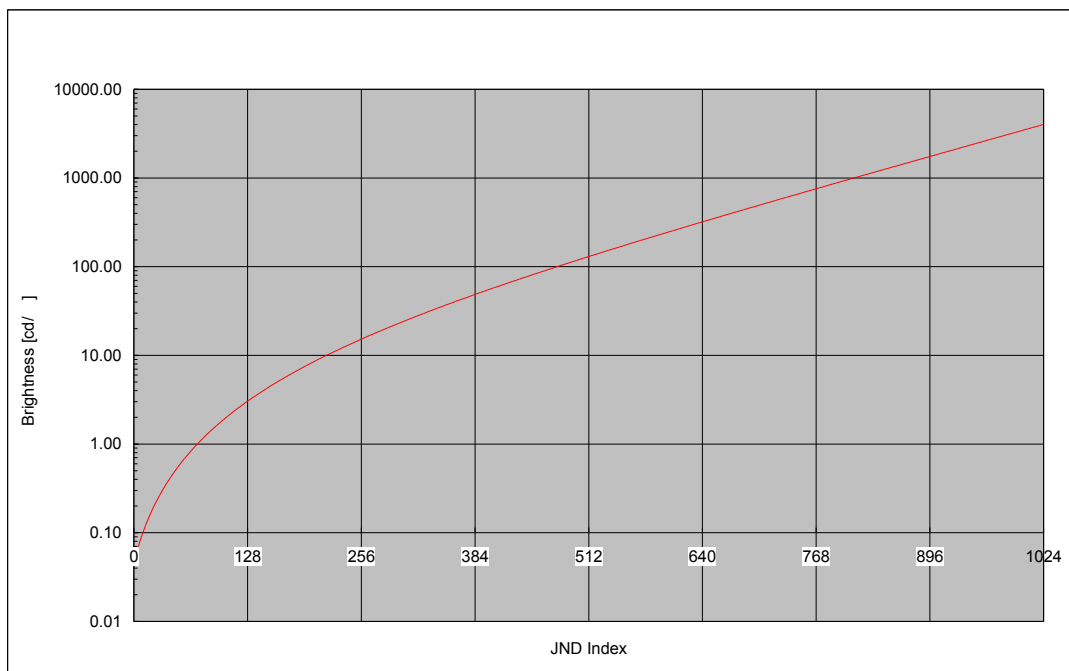


Fig. 7: DICOM curve Logarithmic scale on Y-axis

Fig. 7 illustra la luminosità su un asse Y su scala logaritmica e fig. 8 illustra la luminosità su un asse Y su scala regolare

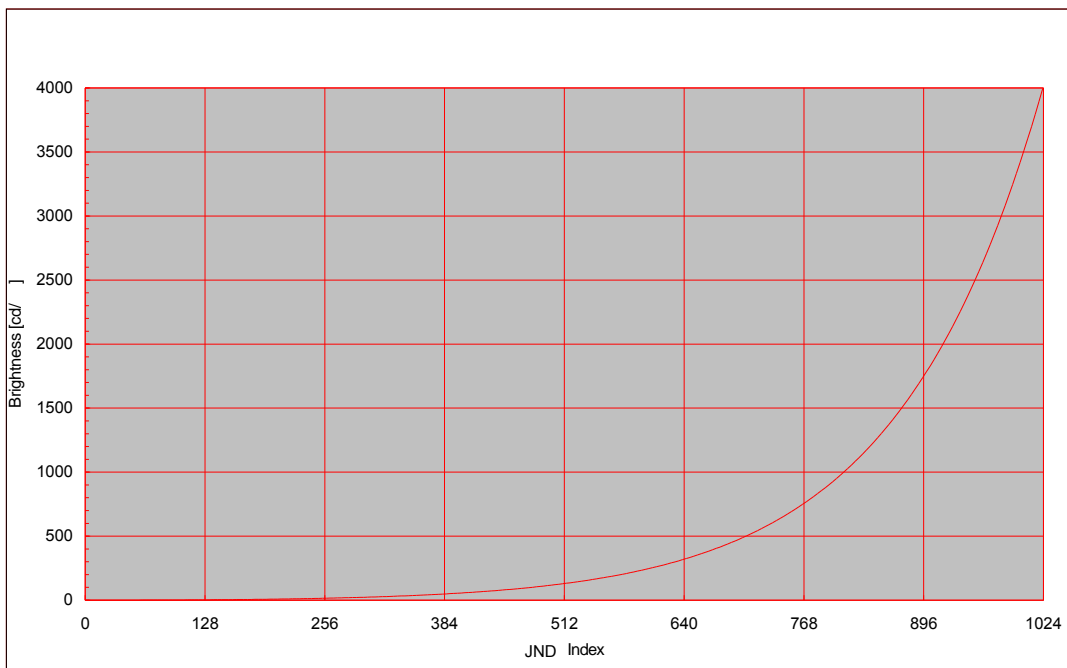


Fig. 8: DICOM curve Regular scale on Y-axis

Lo standard DICOM stabilisce quindi una procedura di calibrazione della risposta luminosa per garantire una consistenza di visualizzazione fra sistemi diversi e per ottimizzare la visibilità in base alla sensibilità di contrasto dell'osservatore (linearizzazione della percezione).

3-2. Look-Up Table per la correzione delle caratteristiche dei toni grigi

Fig. 9 mostra che la curva caratteristica di un monitor LCD ha una forma che dipende fortemente dal tipo di cristallo liquido e che somiglia ad una “S”. Per la migliore riproduzione della scala dei grigi deve essere possibile tarare la risposta effettiva in luminanza partendo dalla misura della reale risposta del monitor al variare del segnale di pilotaggio (DDL Digital Driving Level). Attraverso la conoscenza della curva caratteristica è possibile cambiare la risposta ed ottenere quella voluta (standard DICOM) mediante un LUT (Look-up-Table) da memorizzare opportunamente.

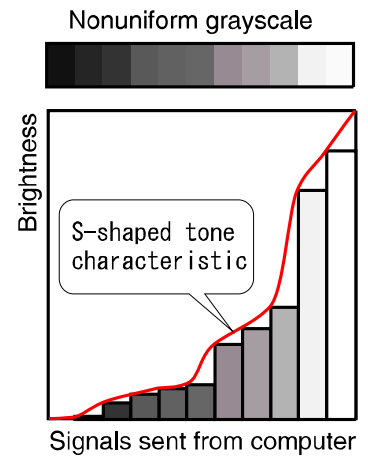


Fig. 9: Tone characteristics on 8-8-bit monitor system

Fig. 10 illustra il cambio dei data bit durante il processo in cui i dati a raggi X su film vengono trasmessi al computer e visualizzati da un monitor con un comune sistema 8-8 bit.

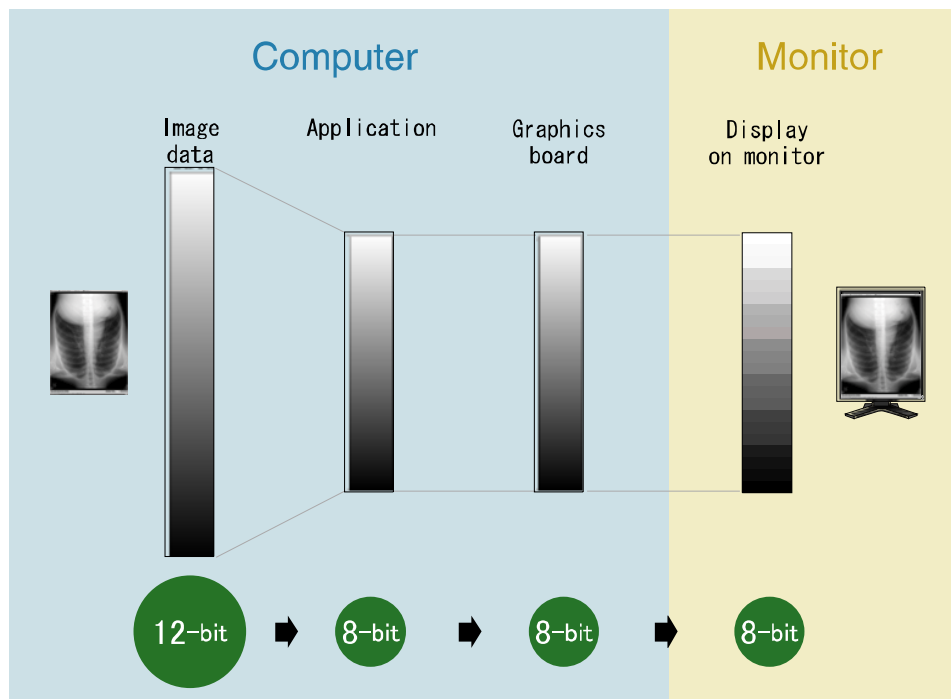


Fig. 10: Data processing flow (8-8-bit monitor system)

I dati dell'immagine originale che presentano una risoluzione di 12 bit vengono ridotti ad una risoluzione di 8-bit attraverso il software di applicazionee (image viewer) e la scheda grafica, ma rimangono inalterati. Non appena i dati raggiungono il monitor le caratteristiche delle tonalità grigie sono cambiate. Quindi è necessario inserire la correzione delle caratteristiche dei toni grigi tra la scheda grafica ed il monitor. Per questo esiste una tabella LUT.

Se dei dati vengono trasferiti da un computer ad un monitor, il monitor visualizza i toni secondo i segnali trasmessi. Se viene invece usata un LUT per correggere le caratteristiche dei toni grigi, il monitor seleziona i toni ideali dalla scala di grigi disponibile. Quesca scala viene chiamata Look-Up Table o anche palette. Il numero di colori disponibili su un monitor sono limitati a 256 toni (8-bit), ma i 256 toni ideali possono essere selezionati da una palette assolutamente ricca di tonalità.

4. Monitor con correzione delle caratteristiche dei toni grigi (Look-Up Table)

4-1. Look-Up Table su scheda grafica

Prima di entrare nei dettagli, come funziona un LUT integrato in un monitor, bisogna brevemente accennare come funziona un LUT integrato in una scheda grafica. In un sistema monitor di 8-8-bit monitor come illustrato nella fig.10, il LUT integrato della scheda grafica non è attivata. Nella Fig. 11 il LUT è attivato e corregge i dati di 8 bit mandati dal computer e trasmessi al monitor. Questo sistema lo definiamo sistema monitor 8-8-8-bit.

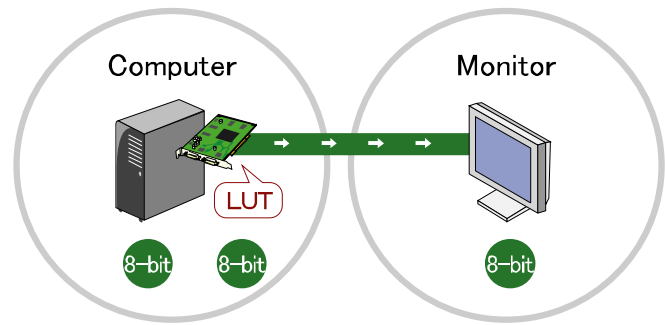


Fig. 11: 8-8-8-bit monitor system

Il processo dei dati in un sistema monitor 8-8-8-bit viene illustrato nella grafica sottostante (Fig. 12).

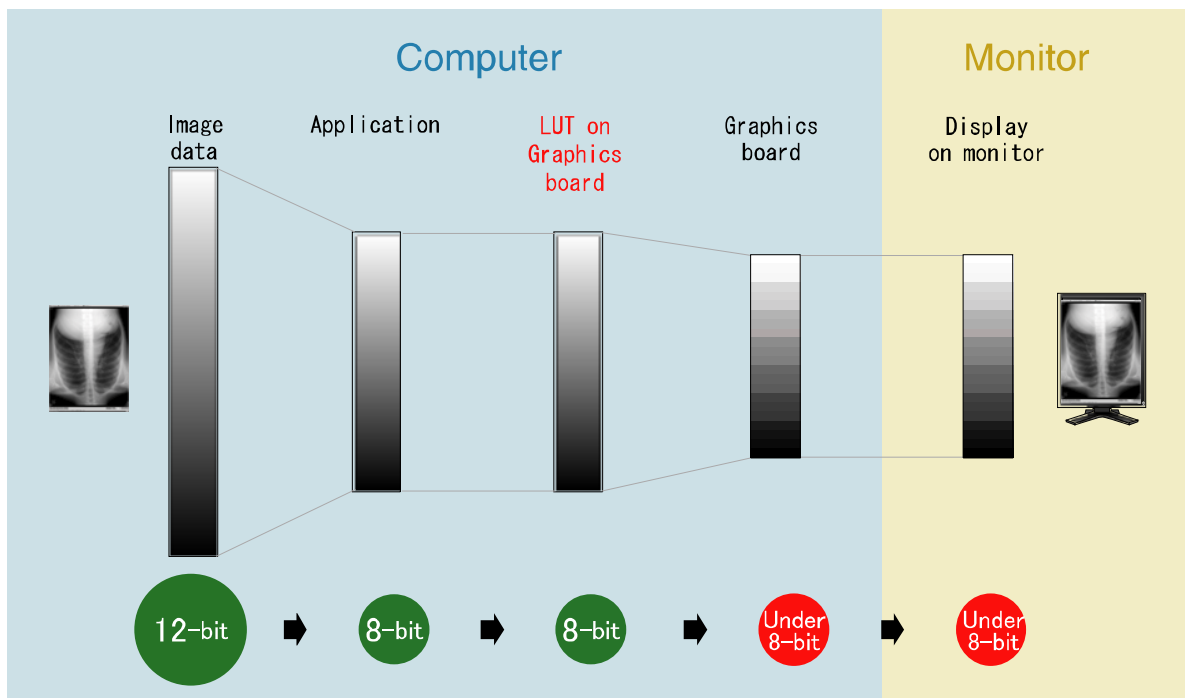


Fig. 12: Data processing flow (8-8-8-bit monitor system)

Nel sistema monitor 8-8-8-bit il LUT nella scheda grafica raggiunge soli 8-bit, con rispettivamente 256 toni. La scheda grafica seleziona i toni ideali dal LUT e cancella i toni non utilizzati per rendere la curva delle caratteristiche più regolare. In questo caso si può dedurre che il segnale trasmesso al monitor sia quindi minore di 8 bit. Sotto questo aspetto il sistema descritto dovrebbe quindi essere definito un sistema monitor 8-8-meno 8-bit.

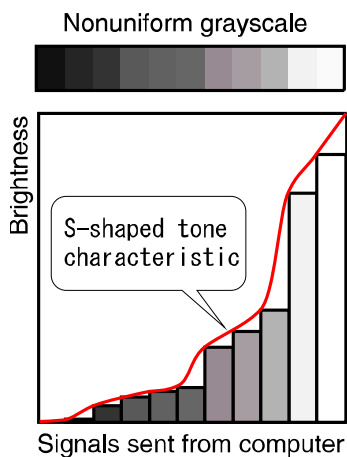


Fig. 13: Uncorrected tone Characteristic

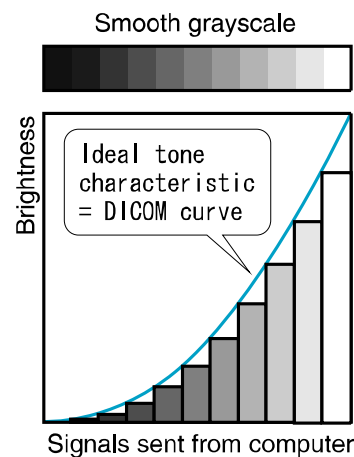


Fig. 14: Corrected tone Characteristic

Supponiamo che le caratteristiche di un monitor, settato ad una luminosità con valori di un minimo di 0.8 cd/m² ed un massimo di 450 cd/m² e valori gamma di 2.2, vengono corrette secondo la curva the DICOM, usando il LUT della scheda grafica. La Fig. 15 traccia la curva delle caratteristiche dei toni corretta e la curva DICOM, ed è indubbio che le due curve non si allineano.

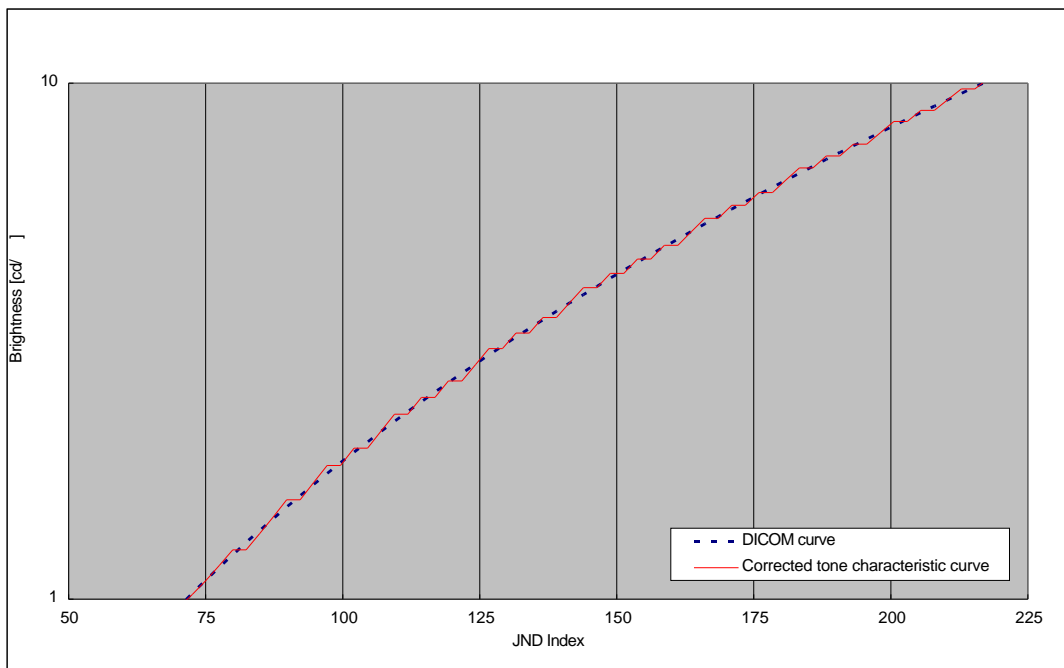


Fig. 15: Difference between the two curves

Fig. 16 traccia il margine di errore delle due curve ad ogni tonalità. In media si nota un margine considerevole di errore che raggiunge valori di circa 4% nei valori bassi e medi di ogni singola tonalità.

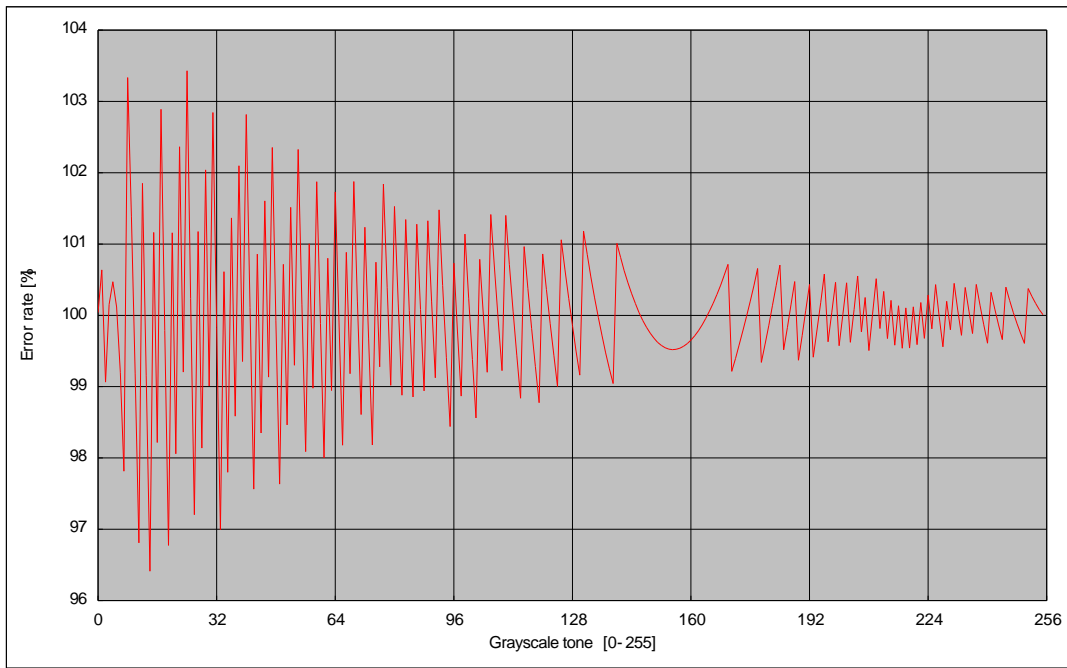


Fig. 16: Error rate of the two curves on 8-8-8-bit monitor system

Fig. 17 mostra il numero di passi JND tra ogni tono della curva con la correzione delle caratteristiche dei toni. I passi piccoli e costanti JND, idealmente meno di uno, presentano delle caratteristiche dei toni grigi migliori. In un sistema monitor a 8-8-8-bit tuttavia, i passi JND tendono a fluttuare notevolmente ad ogni tonalità, creando tonalità irregolari con striature ed altre degradazioni. In conclusione, la curva delle caratteristiche dei toni grigi di un sistema monitor di 8-8-8-bit si avvicina alla curva DICOM ma il monitor è inadeguato per la visualizzazione di immagini medicali per la diagnosi e refertazione.

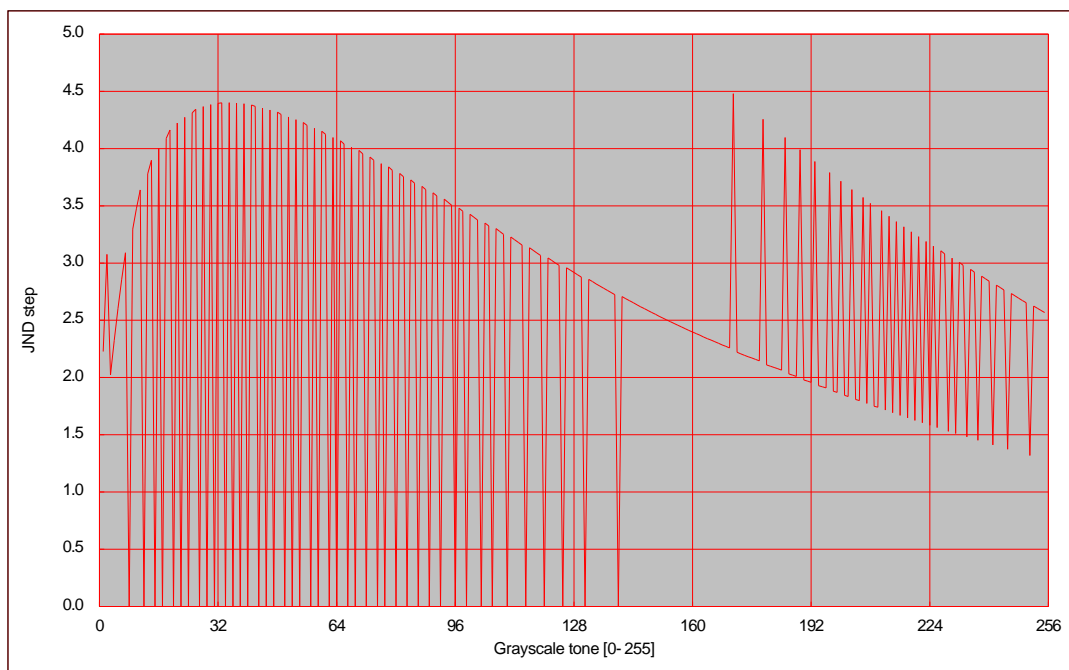


Fig. 17: JND steps of 8-8-8-bit monitor system

4-2. Monitor di 8-bit con LUT di 10.5-bit

Vogliamo brevemente spiegare la tecnologia di un monitor che ha integrato un LUT di 10.5-bit. Un LUT di 10.5-bit integrato nel monitor corregge i dati d'uscita da un computer prima di visualizzare l'immagine (vedi Fig. 18). Questo sistema lo definiamo un sistema monitor 8-10.5-8-bit.

Il processo dei dati di un sistema monitor 8-10.5-8-bit viene illustrato nella grafica sottostante (Fig. 19). Dai segnali di 8 bit ricevuti dal computer, il LUT di 10.5 bit seleziona prima della visualizzazione i 256 toni ideali dalla sua palette di 1531 toni grigi.

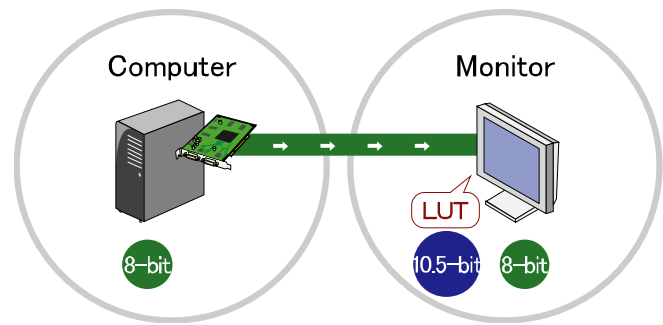


Fig. 18: 8-10.5-8-bit monitor system

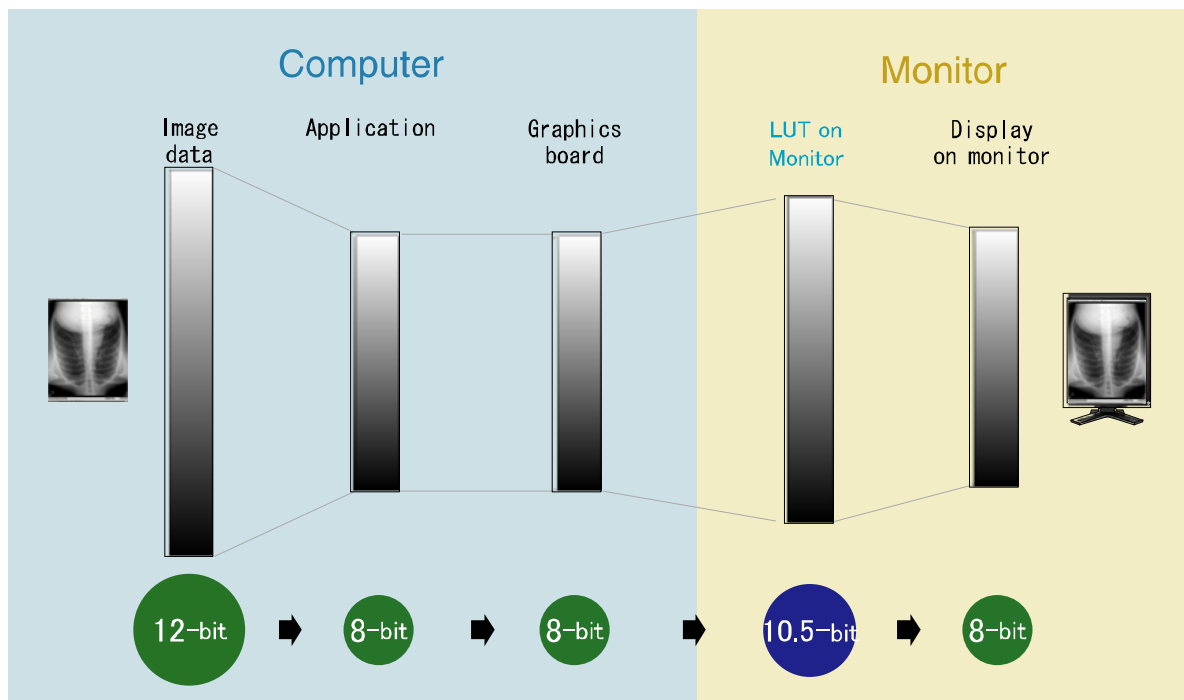


Fig. 19: Data processing flow (8-10.5-8-bit monitor system)

Anche in questo caso supponiamo che le caratteristiche dei toni grigi di un monitor, che presenta valori di luminosità che vanno da un minimo di 0.8 cd/m² ad un massimo di 450 cd/m² e su valori gamma di 2.2 gamma, venga settato alla curva DICOM, usando il LUT integrato nel monitor. La Fig. 20 traccia le caratteristiche corrette dei toni grigi e la curva DICOM. Le incongruenze presentate sono molto minori al precedente sistema monitor di 8-8-8-bit.

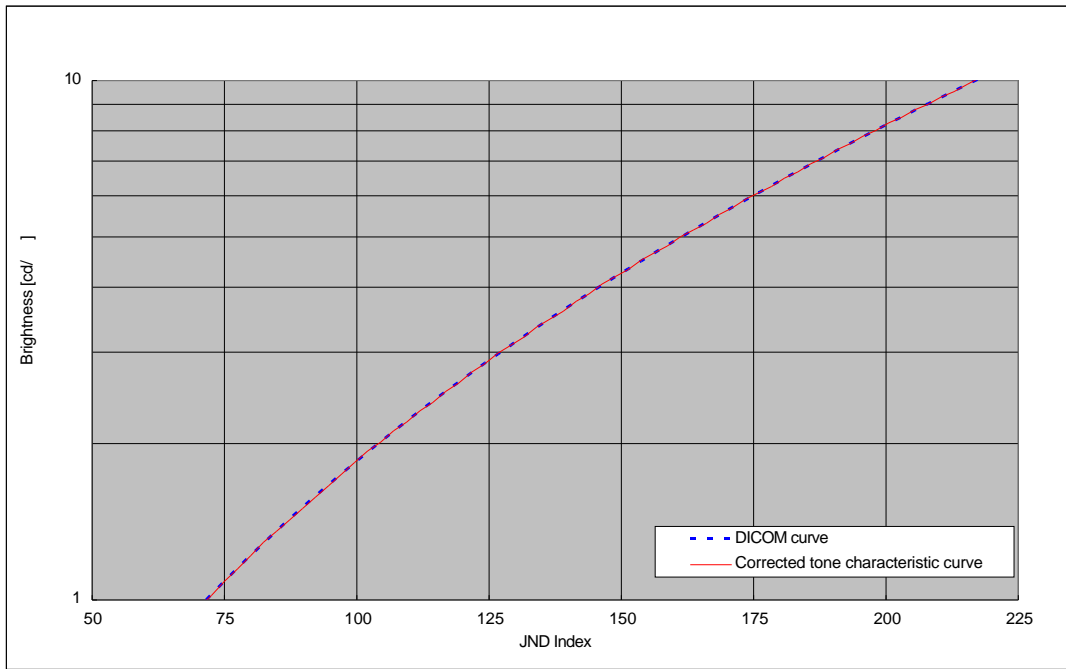


Fig. 20: Difference between the two curves

Fig. 21 traccia il margine di errore di ogni scala di grigio che presentano una media massima di 5% in tutte le tonalità superando notevolmente il sistema monitor di 8-8 bit.

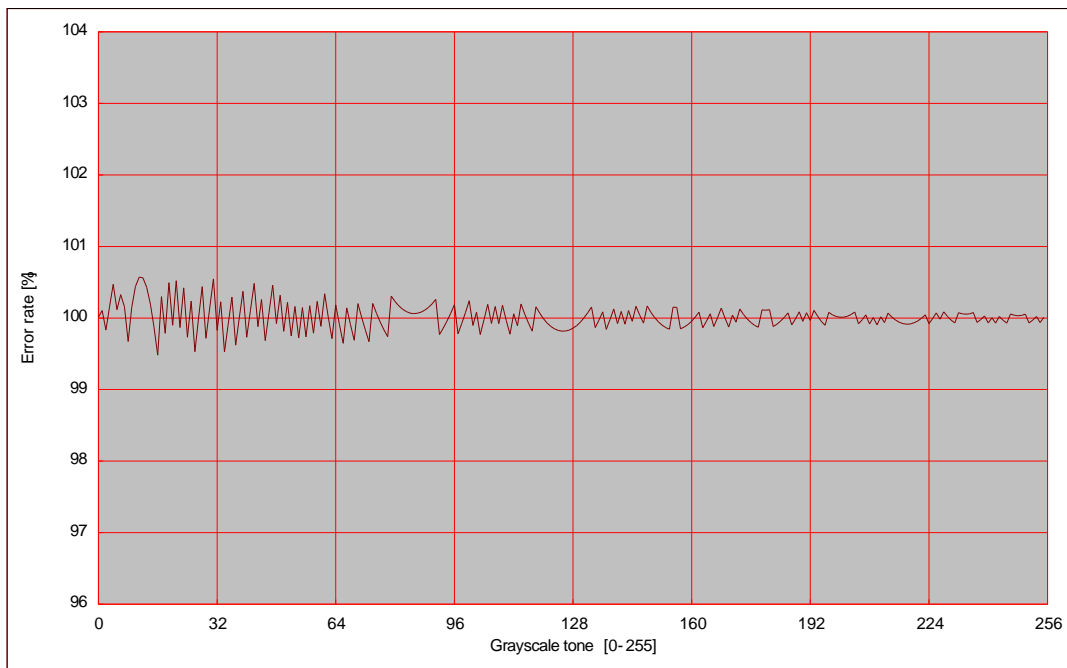


Fig. 21: Error rate of the two curves on 8-10.5-8-bit monitor system

La Fig. 22 illustra il numero di passi JND tra ogni singolo tono. Anche se la media di passi JND è di circa 2.5, la curva si presenta costante, il che indica che il sistema monitor di 8-10.5-8-bit presenta meno degradazioni della qualità e meno sbalzi tonali o striature, in confronto al sistema monitor di 8-8-8-bit. In questo caso, possiamo concludere, che la curva delle caratteristiche dei toni di un sistema monitor di 8-10.5-8-bit raggiunge approssimativamente i valori della CURVA DICOM ed è quindi adeguato all'uso per la visualizzazione di immagini medicali.

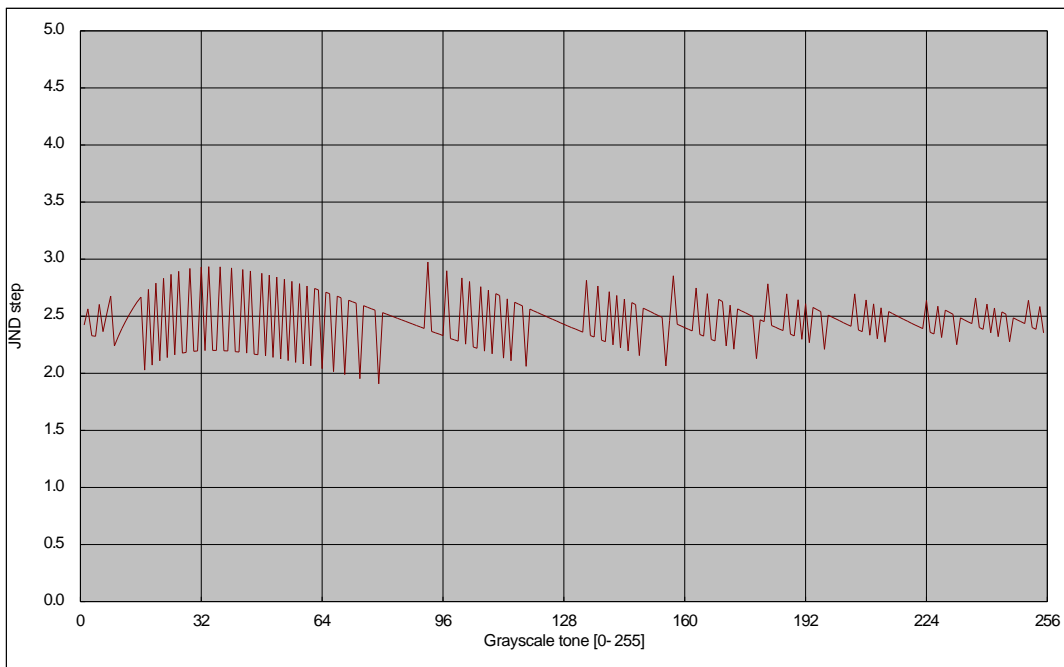


Fig. 22: JND steps of 8-10.5-8-bit monitor system

4-3. Monitor 10-bit con LUT di 10-bit

In alcuni casi un monitor è in grado di raggiungere 10 bit usando semplicemente un LUT di un monitor o di una scheda grafica. Vogliamo definire questo sistema monitor (vedi Fig. 23) 10-10-10 bit.

Il processo di scambio dei dati di un sistema monitor 10-10-10-bit è illustrato nella grafica sottostante (Fig. 24). In un sistema monitor di 10-10-10-bit il LUT raggiunge 10-bit, quindi dispone di 1024 toni di grigio. Il sistema monitor seleziona idealmente i toni ideali dal

LUT e cancella quelli non usati per rendere la curva delle caratteristiche più regolare. In conclusione, si può dedurre che il segnale trasmesso al monitor è minore di 10-bit. Sotto questo aspetto il sistema monitor di 10-10-10-bit dovrebbe correttamente essere indicato come un sistema monitor di 10-10-meno 10. Per questo sistema le applicazioni, la scheda grafica ed i driver della scheda grafica devono supportare segnali con una risoluzione d'uscita di 10 bit.

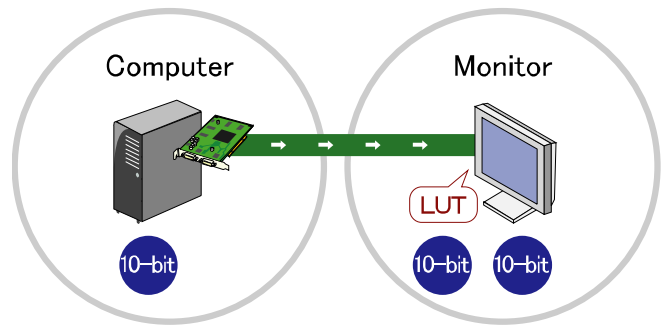


Fig. 23: 10-10-10-bit monitor system

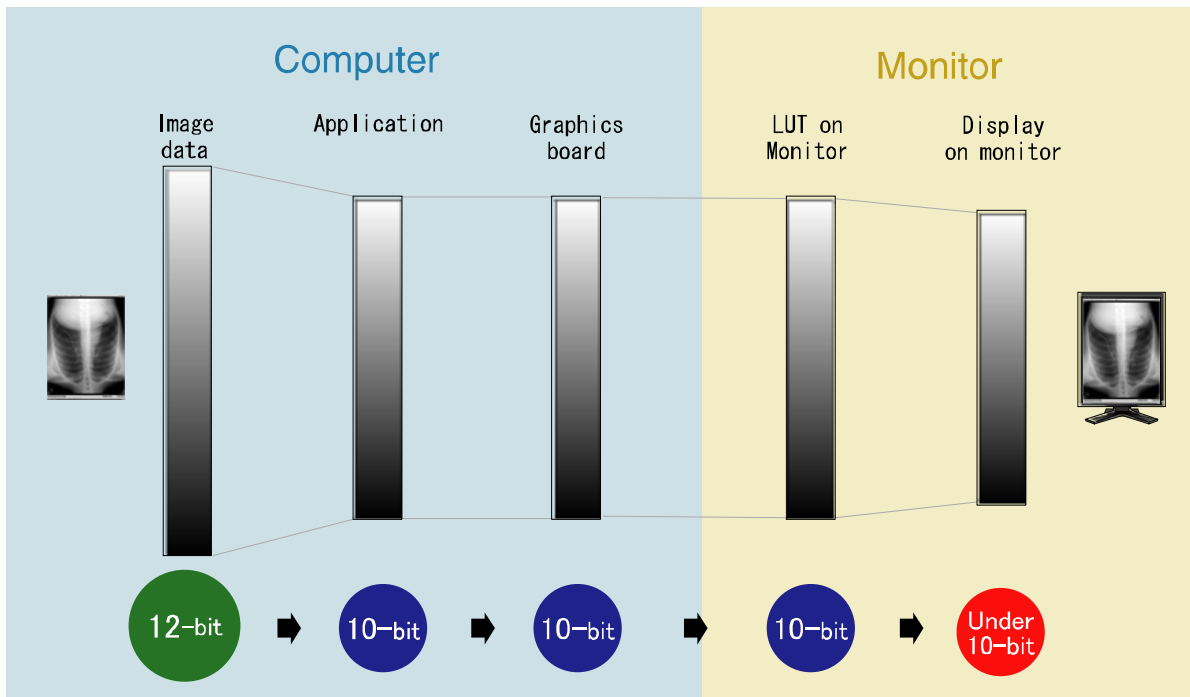


Fig. 24: Data processing flow (10-11.5-10-bit monitor system)

Supponiamo nuovamente che un monitor, che presenta una luminosità con valori minimi di 0.8 cd/m^2 e massimi di 450 cd/m^2 e valori gamma di 2.2 gamma, venga settato alla curva DICOM, usando un LUT integrato nel monitor. La Fig. 25 indica che la curva delle caratteristiche dei toni grigi corrette e la curva DICOM sono quasi ugali.

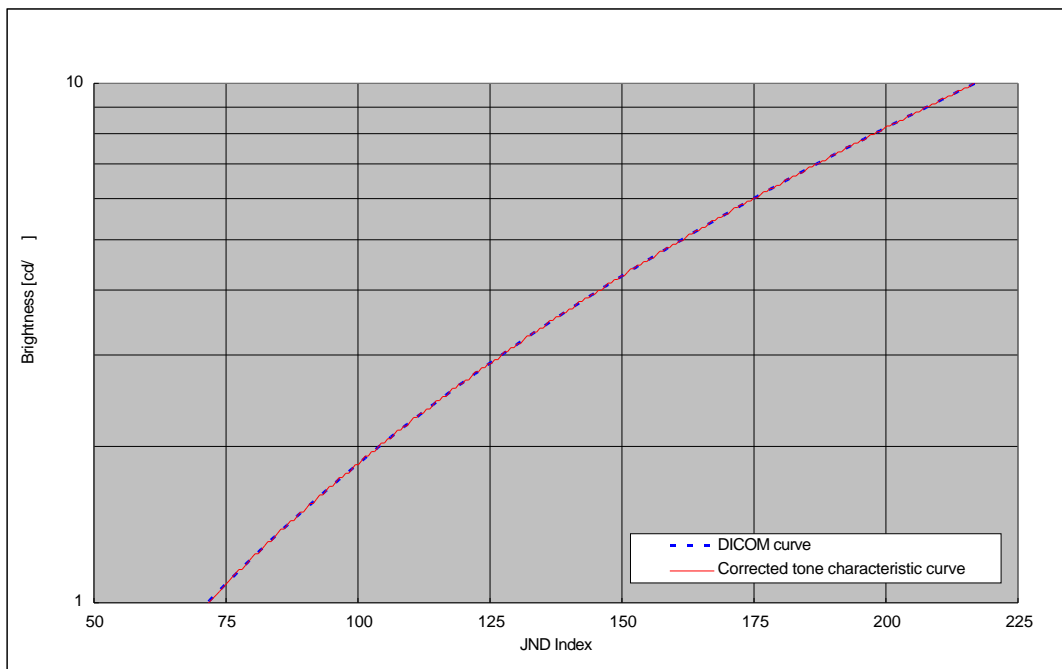


Fig. 25: Difference between the two curves

Fig. 26 traccia il margine di errore di ogni scala di grigio. Le curve mostrano un margine di errore del 1% su tutte le tonalità, quindi una percentuale leggermente superiore del sistema monitor di 8-10.5-8-bit, ma si può considerare dello stesso livello.

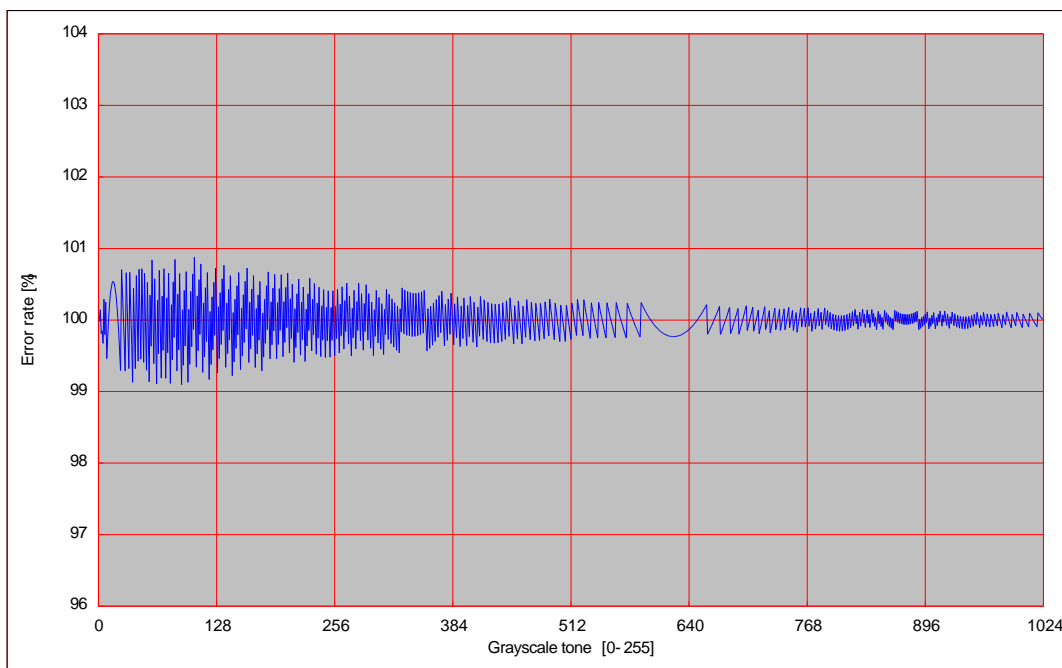


Fig. 26 Error rate of the two curves on 10-10-10-bit monitor system

La Fig. 27 mostra i passi JND tra ogni tono. La media di passi JND sono inferiori ad uno, il che significa una differenza di luminosità quasi impercettibile, se confrontato con il sistema monitor di 8-bit. I passi JND tuttavia fluttuano notevolmente tra un tono e l'altro. Le caratteristiche dei toni grigi sono irregolari con striature ed altre degradazioni all'interno dell'immagine. Quindi è difficile stabilire se il sistema monitor di 10-10-10-bit sia ideale per la visualizzazione di un monitor medicale a 10-bit.

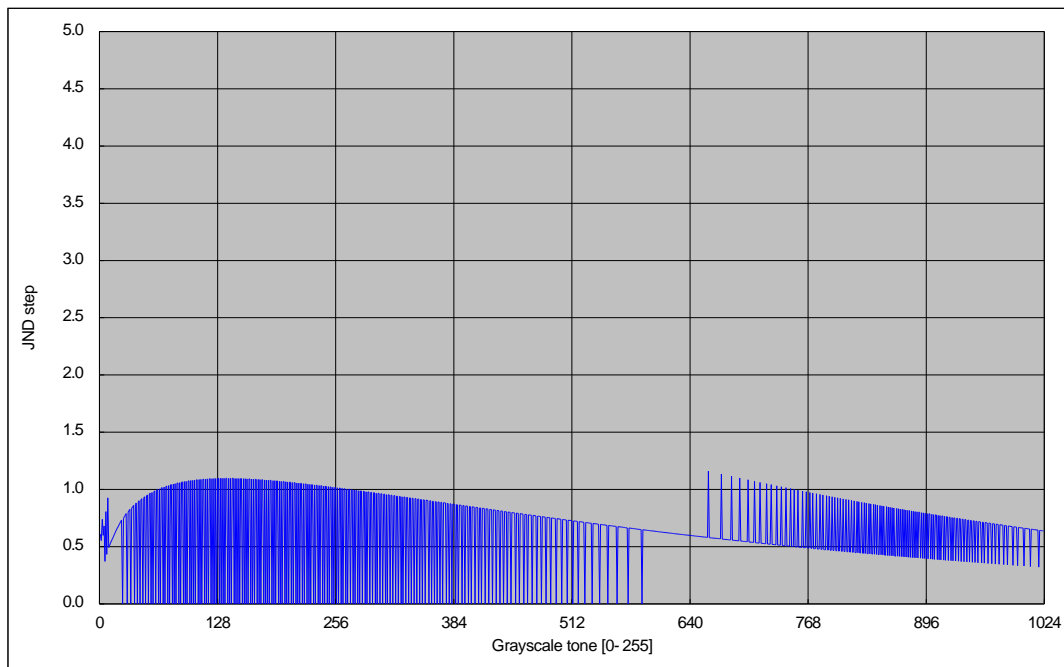


Fig. 27: JND steps of 10-10-10-bit monitor system

4-4. Monitor 10-bit con LUT di 11.5-bit

Specialmente per applicazioni che richiedono la visualizzazione assolutamente precisa di strutture sensibili, come la mammografia, è da consigliare l'uso di un monitor di 10-bit che è in grado di rappresentare simultaneamente 1024 toni di grigio. Questo presuppone che il monitor sia munito di un LUT che raggiunge una risoluzione di 11.5-bit (3061 toni), per garantire una visualizzazione simultanea di 10-bit. Questo sistema monitor viene definito 10-11.5-10-bit (vedi Fig. 28).

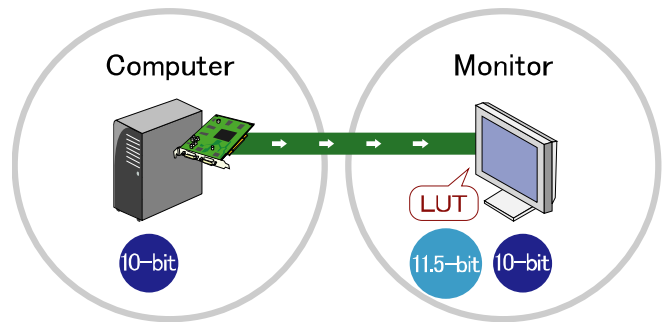


Fig. 28: 10-11.5-10-bit monitor system

Il processo di scambio di dati in un sistema monitor di 10-11.5-10-bit viene illustrato nella grafica sottostante (Fig. 29). Il segnale 10-bit trasmesso dal computer seleziona, prima della visualizzazione, i 1024 toni ideali dalla palette del LUT di 11.5 bit. (3061 toni). Per la rappresentazione simultanea di una risoluzione di 10-bit l'applicazione, la scheda grafica ed il driver per la scheda grafica devono supportare un segnale d'uscita di 10 bit.

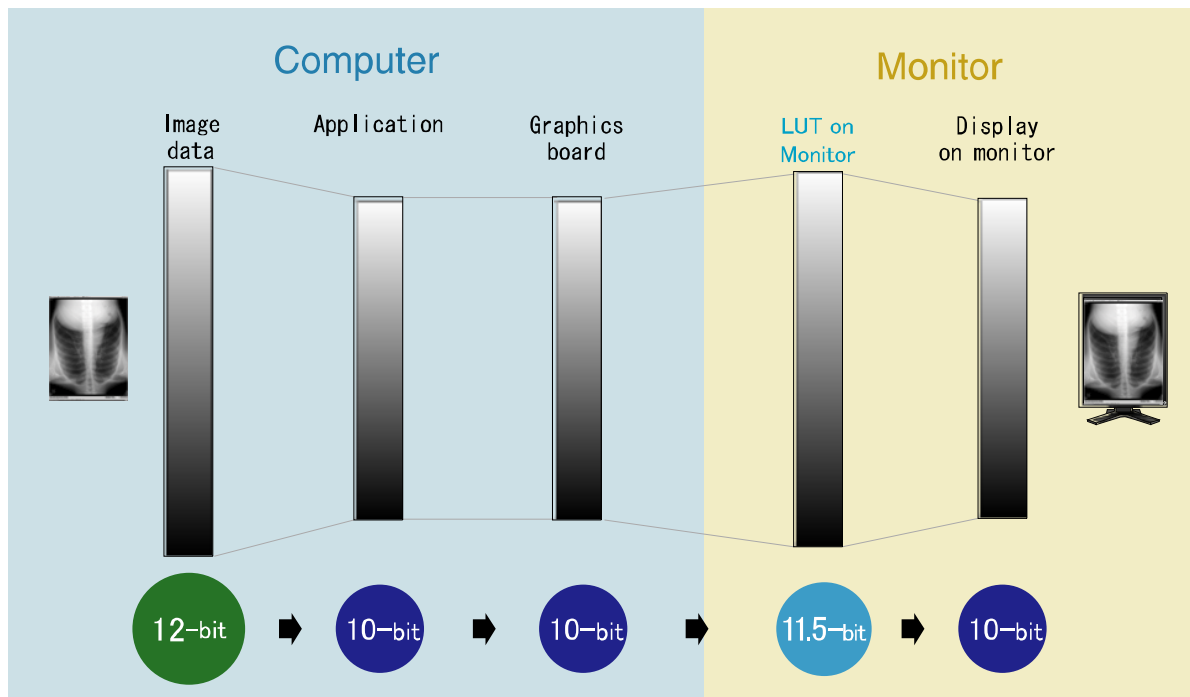


Fig. 29: Data processing flow (10-11.5-10-bit monitor system)

Supponiamo che un monitor, con dei valori di luminosità di minimo 0.8 cd/m^2 ed un massimo di 450 cd/m^2 e dei valori gamma di 2.2, venga settato alla curva DICOM, usando un LUT integrato nel monitor, si può constatare nella Fig. 30 che le differenze fra le due curve sono pressochè impercettibili.

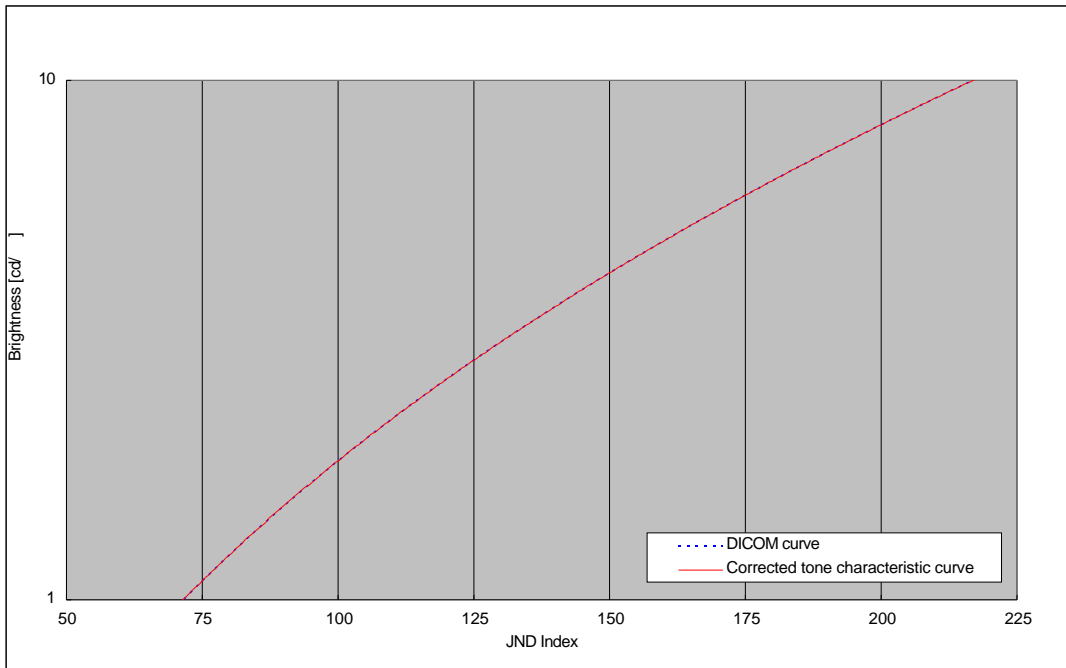


Fig. 30: Difference between the two curves

Fig. 31 traccia il margine di errore tra le due curve e la relativa scala di grigio. Le curve presentano un margine di errore di soli 0.5% in tutte le tonalità, quindi di gran lunga minore di un sistema monitor di 10-10-10-bit.

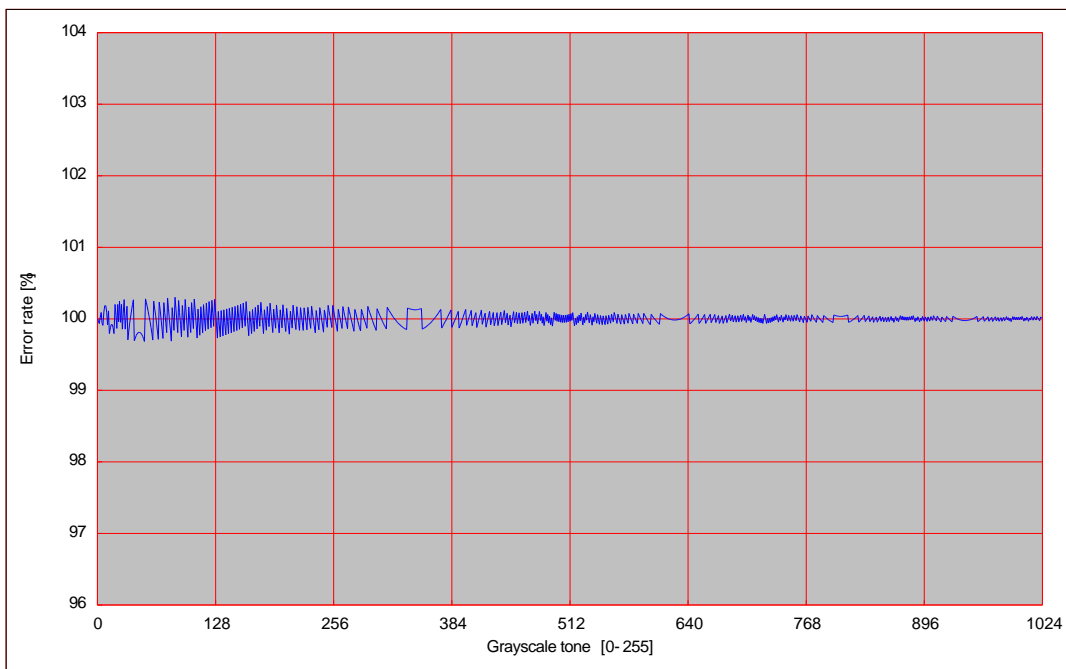


Fig. 31 Error rate of the two curves on 10-11.5-10-bit monitor system

La Fig. 32 illustra il numero di passi JND tra un tono e l'altro. La media di passi JND si aggira su un valori di soli 0.5, il che significa che le differenze di luminosità sono impercettibili. Si può quindi asserire che le caratteristiche dei toni grigi, per quanto riguarda degradazione e striature o sbalzi tonali, sono simili a quelle del sistema monitor di 10-11.5-10-bit e che il sistema si avvicina alla curva DICOM, rendendolo ideale per la diagnostica medica.

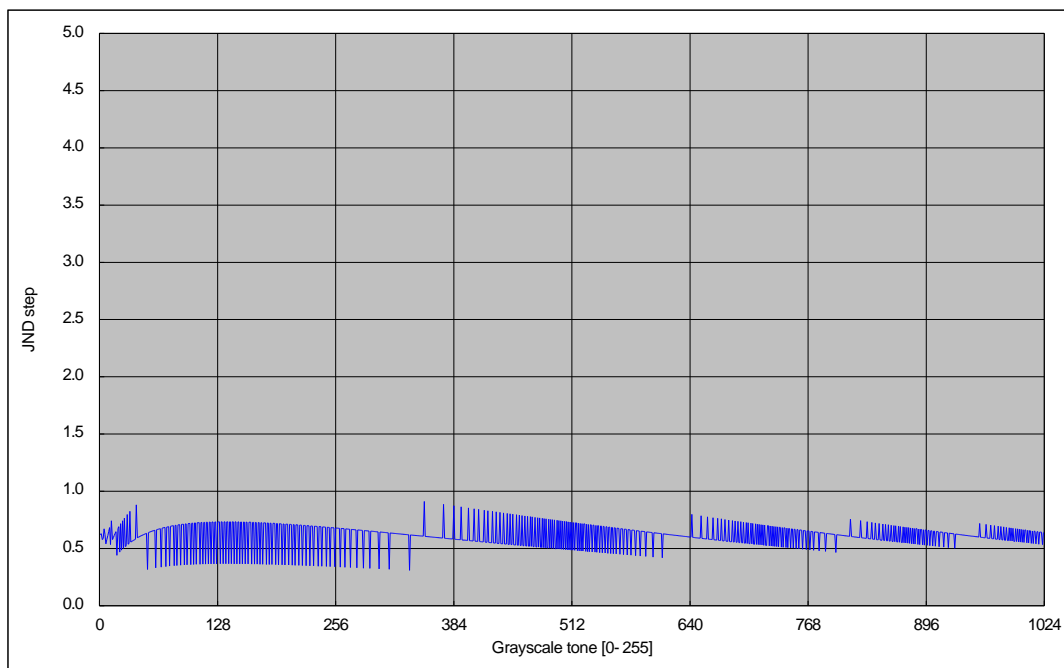


Fig. 32: JND steps of 10-11.5-10-bit monitor system

4-5. E' necessaria una capacità maggiore?

I risultati sopraindicati scaturiscono l'ipotesi che il numero di toni disponibili migliora la qualità dell'immagine.

Verifichiamo questa ipotesi con un monitor medicale standard con un valori di luminosità da 0.8 cd/m² a 450 cd/m².

La curva DICOM è mostrata - nell'ambito del limite dei valori di luminosità - nella grafica sottostante (Fig. 33).

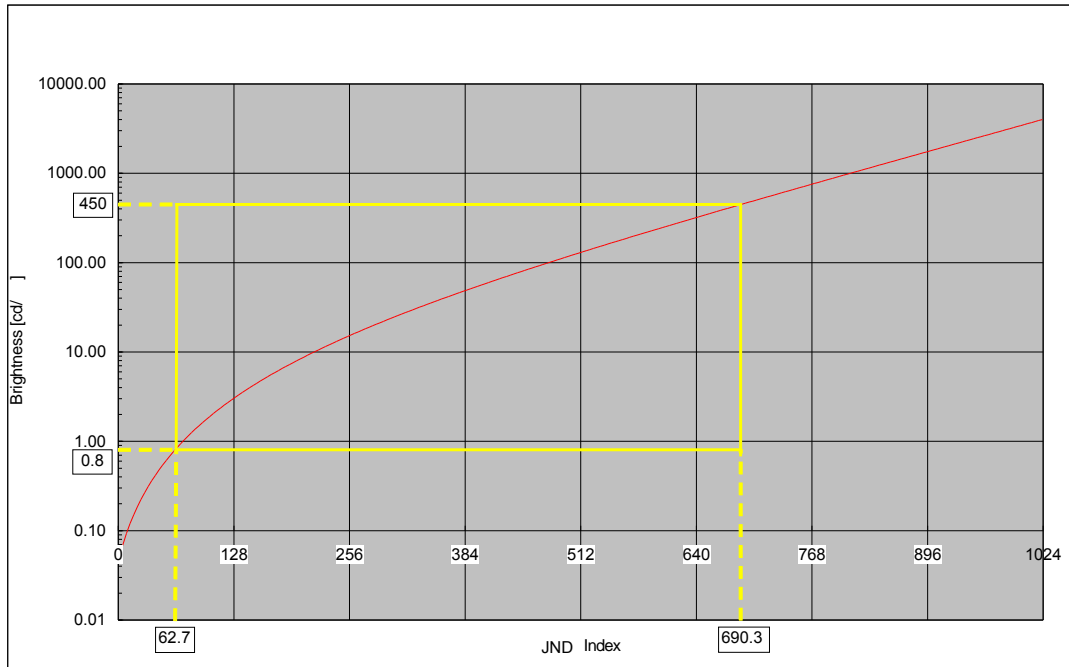


Fig. 33: DICOM curve

Il numero di passi JND tra i valori di 0.8 a 450 cd/m² è di 627.6 (690.3 – 62.7). Questo vuol dire che l'occhio umano è in grado di percepire 627 tonalità di grigio. Un sistema monitor 8-10-8-bit è in grado di rappresentare solo 256 toni, che sono troppo pochi per riprodurre 627 toni. Ne risulta che l'occhio umano percepisce facilmente le irregolarità della scala dei grigi. Un sistema monitor di 10-11.5-10-bit invece può rappresentare simultaneamente 1024 toni, un numero che supera le capacità di percezione dell'occhio umano. Questo sistema monitor permette di visualizzare una scala di grigi estremamente regolare ed uniforme.

La tabella Grayscale Standard Display Function (GSDF) (Table 1) illustra che l'occhio umano può percepire 1023 passi JND da valori di 0.8 a 4000 cd/m². Considerando il risultato di questo esperimento, un monitor LCD con la capacità di visualizzare simultaneamente una risoluzione superiore a 10-bit (1,024 toni) eccede di gran lunga la capacità visiva dell'occhio umano.

5. Conclusione

In conclusione le esigenze per un monitor LCD medicale sono;

1. Un LUT integrato che permette di impostare le caratteristiche della scala dei grigi ai valori della curva DICOM .
2. I passi JND devono essere piccoli, idealmente meno di uno, e costanti in tutta la luminosità rappresentata dal monitor. Fluttuazioni dei passi JND causano striature o altre degradazioni della scala dei grigi.

Un monitor LCD standard (8-8-bit monitor system) ha delle caratteristiche di tono specifiche e la sua capacità di rappresentare i toni grigi varia. Per questo non è in grado di soddisfare le esigenze richieste dalle applicazioni medicali e non è idoneo alla diagnosi digitalizzata.

Un sistema monitor di 8-8-8-bit che è munito di un LUT integrato nella scheda grafica può settare le sue caratteristiche dei toni grigi alla curva DICOM, quindi soddisfa le esigenze per applicazione medicali del punto 1. I passi JND sono tuttavia molto irregolari e non soddisfano la qualità richiesta. Quindi si può concludere che non è adeguato per la visualizzazione di immagini per la diagnostica medicale.

Un sistema monitor di 8-10-8-bit con un LUT di 10.5-bit integrato può impostare le sue caratteristiche secondo la curva DICOM e soddisfa le esigenze del punto 1. I passi JND sono costanti. Questo sistema soddisfa quindi tutte e due le caratteristiche richieste per la visualizzazione di immagini digitali per applicazioni medicali.

Un sistema di 10-10-10-bit con un LUT di 10-bit sia integrato nel monitor che nella scheda grafica può impostare le sue caratteristiche della scala dei grigi ai valori della curva DICOM ed i passi JND sono inferiori di uno. I passi JND tuttavia non sono costanti e presentano striature nella rappresentazione di dati a 10-bit. Anche se si tratta quindi di un sistema monitor adatto al Medical Imaging è difficile da definire se il sistema monitor 10-10-10-bit sia in grado di rappresentare immagini di 10-bit, come per esempio per la visualizzazione di immagine mammografiche.

Un sistema monitor di 10-11.5-10-bit con un LUT integrato nel monitor di 11.5-bit può impostare le sue caratteristiche della scala dei grigi ai valori della curva DICOM ed i passi JND sono minimi e costanti. Ne risulta che il sistema monitor di 10-11.5-10-bit è in grado di visualizzare una scala dei grigi regolare ed uniforme ed è il monitor di prima scelta per applicazioni medicali che richiedono - come nella mammografia - una risoluzione di 10-bit.



All product names are trademarks or registered trademarks of their respective companies. Copyright©2004 EIZO NANA CORPORATION. All rights reserved.