

Band 5

LC-Monitore in der Medizintechnik

TÜV Media

Medizintechnik und Informationstechnologie

Armin Gärtner

Medizintechnik und Informationstechnologie

Bereits erschienen

Band 1: Grundlagen und Anwendungen

Band 2: Bildmanagement

Band 3: Telemedizin und computerunterstützte Medizin

Band 4: Funk und Video in der Medizintechnik

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Die Inhalte dieses Werkes wurden vom Verlag, Herausgeber und Autoren nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet und zusammengestellt. Eine rechtliche Gewähr für die Richtigkeit der einzelnen Angaben kann jedoch nicht übernommen werden. Gleiches gilt auch für die Websites, auf die über Hyperlinks verwiesen wird. Es wird betont, dass wir keinerlei Einfluss auf die Inhalte und Formulierungen der verlinkten Seiten haben und auch keine Verantwortung für sie übernehmen. Grundsätzlich gelten die Wortlaute der Gesetzestexte und Richtlinien sowie die einschlägige Rechtsprechung.

ISBN: 978-3-8249-1150-9

© by TÜV Media GmbH, TÜV Rheinland Group, Köln, 2012 (Printausgabe 2009)

® TÜV, TUEV und TUV sind eingetragene Marken der TÜV Rheinland Group.

Eine Nutzung und Verwendung bedarf der vorherigen Zustimmung durch das Unternehmen.

Gesamtherstellung: TÜV Media GmbH, Köln

Printed in Germany 2012

Inhalt Band 5 – LCD-Monitore in der Medizin

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------|-----------|
| | Vorwort | 9 |
| | Einleitung | 11 |
| 1 | Allgemeine Grundlagen | 13 |
| 1.1 | Definition der verwendeten Begriffe | 13 |
| 1.2 | Röhrenmonitore | 17 |
| 1.3 | Flachbildschirme | 18 |
| 1.4 | Auflösung des Auges | 18 |
| 1.5 | Pixel und Auflösung | 20 |
| 1.6 | Gamut und Farbräume | 23 |
| 1.6.1 | Farbräume | 23 |
| 1.6.2 | CIE-Normfarbtafel | 24 |
| 1.6.3 | RGB-Farbraum | 25 |
| 1.6.4 | NTSC-Farbskala | 26 |
| 1.6.5 | Farbtemperatur | 27 |
| 1.6.6 | Farbtiefe | 28 |
| 1.7 | Grauwertdarstellung | 30 |
| 1.8 | Gamma | 31 |
| 1.9 | DICOM-Standard Teil 14 (GSDF) | 36 |
| 1.10 | Grafikkarten | 40 |
| 1.10.1 | „Reduced Blanking“ | 44 |
| 1.11 | Deinterlacing | 45 |
| 1.12 | Impuls-Type- und Hold-Type-Monitor | 50 |
| 2 | Technische Grundlagen von LCD-Monitoren | 53 |
| 2.1 | Grundprinzip der verschiedenen elektro-optischen Effekte | 57 |
| 2.1.1 | TN-Effekt | 57 |
| 2.1.2 | IPS-Effekte | 61 |
| 2.1.3 | VA-Effekte (MVA, PVA, S-PVA) | 63 |
| 2.2 | Hinterleuchtung von LCD-Monitoren | 67 |
| 2.2.1 | CCFL-Hinterleuchtung | 69 |
| 2.2.2 | LED-Hinterleuchtung | 70 |

Inhalt

| | | |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.2.3 | Homogenität der Bildwiedergabe und Hinterleuchtung | 72 |
| 2.2.4 | Lebensdauer der Hinterleuchtung | 73 |
| 3 | Kenngrößen eines LCD-Monitors | 77 |
| 3.1 | Bildschirmgröße/Bildschirmdiagonale | 77 |
| 3.2 | Pixelraster und Auflösung | 78 |
| 3.3 | Leuchtdichte | 79 |
| 3.4 | Kontrast | 79 |
| 3.5 | Betrachtungskegel (Sehkegel) | 80 |
| 3.6 | Seitenverhältnis (Aspect Ratio) | 83 |
| 3.7 | Bildwiederholfrequenz | 84 |
| 3.8 | Reaktionszeit/Schaltverhalten von LCD-Monitoren | 84 |
| 3.8.1 | Overdrive-Technik | 87 |
| 3.8.2 | Weitere Optimierungen der LC-Technologie | 89 |
| 3.9 | Landscape/Portrait-Darstellung bei LC-Displays | 89 |
| 3.10 | HDR-Displays | 91 |
| 4 | Technische Parameter | 95 |
| 4.1 | VESA und Spezifikationen | 95 |
| 4.2 | Mechanik | 95 |
| 4.3 | Anschlüsse für LCD-Monitore in der Medizintechnik | 96 |
| 4.3.1 | Serial Digital Interface (SDI) | 96 |
| 4.3.2 | Digital Visual Interface (DVI) | 97 |
| 4.3.3 | HDMI | 99 |
| 4.3.4 | DisplayPort | 100 |
| 4.3.5 | Neue Displayerkennung (DisplayID) | 102 |
| 5 | Europäische Richtlinien, Normen und Prüfsiegel | 103 |
| 5.1 | EG-Richtlinien und sonstige Regelwerke für den Einsatz von LCD-Monitoren | 103 |
| 5.1.1 | Geräteproduktesicherheitsgesetz (GPSG) | 104 |
| 5.2 | Normen für Monitore | 107 |
| 5.2.1 | Normen für LCD-Monitore | 107 |
| 5.2.1.1 | ISO 13406-2 mit Erweiterung der Festlegungen für LC-Displays | 108 |
| 5.2.1.1.1 | Sehrichtungs-Bereichsklassen: Blickrichtungsabhängigkeit der LC-Displays | 108 |
| 5.2.1.1.2 | Reflexion und Reflexionsklassen | 110 |
| 5.2.1.1.3 | Pixelfehler | 112 |
| 5.2.1.2 | ISO 9241 | 113 |
| 5.3 | Prüfsiegel LC-Displays | 114 |

| | | |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.3.1 | MPR II | 114 |
| 5.3.2 | TCO | 115 |
| 5.4 | Bildschirmarbeitsplatzverordnung (BildschArbV) | 117 |
| 5.4.1 | Strahlung am Bildschirmarbeitsplatz | 119 |
| 5.5 | Prüfungen der technischen Sicherheit und der elektro- magnetischen Verträglichkeit (EMV) von LCD-Monitoren | 122 |
| 6 | Anforderungen und Empfehlungen für den allgemeinen Einsatz | 133 |
| 7 | Medical LCD-Monitor | 141 |
| 7.1 | Normenzertifikat nach DIN EN 60601-1 | 141 |
| 7.2 | Schutz gegen Staub und Feuchtigkeit (IPXX) | 142 |
| 7.3 | EMV nach DIN EN 60601-1-2 | 144 |
| 7.4 | LCD-Monitor als Medizinprodukt | 146 |
| 8 | LC-Displays in der Medizin (Endoskopie, Ophthalmologie u. a.) | 147 |
| 8.1 | Grundlagen des Einsatzes von LCD-Monitoren in der Endoskopie und MIC | 148 |
| 8.2 | Einsatz von LCD-Monitoren für die Endoskopie und minimale invasive Chirurgie (MIC) | 151 |
| 8.2.1 | ChromaTRU-Verfahren | 153 |
| 8.2.1.1 | Farbraum-Konvertierung | 155 |
| 8.2.1.2 | Weißabgleich-Kalibration | 156 |
| 8.3 | Einsatz in der Ophthalmologie, Dermatologie, Pathologie usw. | 158 |
| 8.3.1 | Anforderungen an ein LC-Display für die Teledermatologie | 159 |
| 8.4 | Bildqualität | 160 |
| 8.5 | HDTV-Einsatz in der Endoskopie | 160 |
| 8.6 | Qualitätsaspekte des LCD-Einsatzes in der Medizin | 162 |
| 8.7 | Hygiene-Anforderungen | 163 |
| 8.8 | Homogenität der Bildwiedergabe (Mura-Effekt) | 164 |
| 9 | Grauwertdarstellung und Look-Up-Table (LUT) | 167 |
| 9.1 | Grauwertdarstellung | 167 |
| 9.1.1 | DICOM Grayscale Standard Display Function (GSDF) | 169 |
| 9.2 | Abbildungen auf LCD-Monitoren (Bit-Systeme) | 173 |
| 9.2.1 | 8-8-Bit-Displays | 174 |
| 9.3 | Displays mit Grauwertkorrektur (Look-Up-Table) | 177 |
| 9.3.1 | 8-8-8-Bit-Displays mit LUT | 178 |

Inhalt

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.3.2 | Displays mit einer 10,5-Bit-LUT | 180 |
| 9.3.3 | 10-Bit-Display mit einer 10-Bit-LUT | 181 |
| 9.3.4 | 10-Bit-Display mit 11,5-Bit-LUT | 182 |
| 9.4 | Auflösung und DICOM-Kurve | 183 |
| 9.4.1 | Anforderungen an Graustufenmonitore zur Befundung | 184 |
| 9.5 | Technologien zur Erhöhung der Anzahl der Graustufen | 186 |
| 9.5.1 | Flächenmodulation | 186 |
| 9.5.2 | Frame Rate Control (FRC) | 189 |
| 9.5.3 | Kombination von Flächenmodulation und FRC-Technologie | 190 |
| 9.5.4 | Aperture Modulation | 190 |
| 10 | Befundung und Betrachtung in der Radiologie | 193 |
| 10.1 | Bildwiedergabegeräte in der Radiologie | 193 |
| 10.2 | Qualitätssicherungsrichtlinie und Bildwiedergabe in der Medizin: Untersuchung oder Behandlung von Menschen (Stand: 19.12.2007) | 196 |
| 10.3 | DIN 6856-1 4.3.2 Mindestleuchtdichte zur Befundung von allen anderen Durchsichtsbildern und 4.3.1 Mindestleuchtdichte zur Befundung von Mammogrammen | 202 |
| 10.4 | Betrachtungsmonitore | 205 |
| 11 | Bildwiedergabegeräte: MPG und Röntgenverordnung | 209 |
| 11.1 | Zielsetzungen des MPG, der MPBetreibV und der Röntgenverordnung | 209 |
| 11.2 | Medizinproduktebetriebsverordnung (MPBetreibV) | 210 |
| 11.3 | Röntgenverordnung und Qualitätssicherungsrichtlinie | 213 |
| 11.4 | Anforderungen des MPG an Befundungs- und Betrachtungsmonitore | 215 |
| 11.5 | Anforderung an elektrische Sicherheit von Befundungs- und Betrachtungsmonitoren | 219 |
| 12 | OLED-Displays | 227 |
| 12.1 | OLED-Technologie | 227 |
| 12.2 | Einsatz von OLED-Displays | 229 |
| 13 | Zusammenfassung und Ausblick | 223 |

Band 5: LCD-Monitore in der Medizin

Vorwort

Dieses Buch entstand auf Anregung von Kollegen und Dritten, die mir die Frage stellten, nach welchen Kriterien LCD-Monitore für die Medizintechnik auszuwählen seien und worauf man dabei achten müsse.

Sehr schnell ergab sich die Problematik, dass aus der für die Fachzeitschrift „MT-Medizintechnik“ geplanten und geschriebenen Artikelserie ein Buchmanuskript entstehen würde, da bei weitem nicht alle fachlichen Aspekte zum Thema LCD-Monitore in der Medizintechnik in einer Artikelserie untergebracht werden konnten.

Auch dieses Buch ist nicht ohne die Unterstützung, Anregung und lebhafte Diskussion verschiedenster Personen entstanden. Ich möchte an dieser Stelle insbesondere namentlich danken:

Herrn Klaus Emmerich, Fa. K. Storz, Tuttlingen

Herrn Silvio Bonfiglio, Philips FIMI, Saronno, Italia

Ich danke weiterhin Herrn Dipl.-Ing. Wilhelm Schuster, Eurocat Darmstadt für die Durchsicht und Ergänzung von Kapitel 5.5.

Herrn Holger Mischke, Fa. Sony, Köln

Herrn Jörg Langeheine, Fa. Matrox Electronic Systems GmbH für das Kapitel 1.10 Grafikkarten

u. a., die mich bei diesem Buch mit Informationen, Bildern und Korrekturlesen unterstützt haben.

Ich danke vor allem Herrn Dr. Michael Becker, Karlsruhe, für das kritische Korrekturlesen der Kapitel 2 und 3.

Ich danke Frau C. Bouchagiar für die unermüdliche Unterstützung des Projektes.

Armin Gärtner

ö. b. u. v. Sachverständiger für Medizintechnik und Telemedizin

Ingenieurbüro für Medizintechnik

Edith-Stein-Weg 8

40699 Erkrath

armin.gaertner@t-online.de

- Leseprobe -

Einleitung

In der Medizintechnik werden durch die zunehmende Digitalisierung von Diagnose und Therapie immer mehr Flachbildschirme mit LCD-Technik eingesetzt, die die bisherigen Röhrenmonitore weitgehend abgelöst haben. LCD-Bildschirme weisen eine feste physikalische Pixelmatrix und abhängig von der verwendeten Panel-Technologie unterschiedlich stark ausgeprägte Betrachtungswinkelabhängigkeit, Reaktionszeiten u. a. Parameter auf. Für den richtigen Einsatz von Flachbildschirmen in der Medizin ist das Verständnis der unterschiedlichen Technologien von wesentlicher Bedeutung. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Manuskriptes (Ende 2008) findet eine weitere Verbesserung der Eigenschaften von LC-Displays durch die Einführung der LED-



Bild 1: Herstellung LCD-Monitore für die Medizin (Quelle FIMI Philips)

Einleitung

Hintergrundbeleuchtung statt, die die Farbdarstellung gegenüber der bisherigen Kaltkathoden-Hintergrundbeleuchtung gerade auch im medizinischen Bereich nochmals deutlich verbessert.

Dieses Buch beschreibt die fachlichen und technologischen Grundlagen der LCD-Technologie und stellt die Anwendung der Displays in der Medizin wie Gastroenterologie und anderen Disziplinen vor. Kapitel 1 definiert und erläutert die Grundlagen und Begrifflichkeiten, Kapitel 2 beschreibt die Technologie der Flüssigkristalle der LCD-Monitore und ihre Unterschiede. Kapitel 3 erläutert die Kenngrößen von Bildschirmen, die zur Beurteilung herangezogen werden können, während Kapitel 4 die technischen Parameter insbesondere der Schnittstellen vorstellt. Kapitel 5 beschreibt die für technische Produkte wie IT-Monitore zutreffenden EG-Richtlinien und die einschlägigen Normen, während Kapitel 6 Anforderungen und Empfehlungen für den allgemeinen Einsatz von LCD-Monitoren beinhaltet. Der Begriff „Medical LCD-Monitor“ wird in einem eigenen Kapitel 7 vorgestellt. Kapitel 8 umfasst den weiten Einsatz von LCD-Monitoren in der Medizin wie Gastroenterologie und Ultraschall. Kapitel 9 und 10 widmen sich dem Einsatz in der Röntgentechnik bzw. der digitalen Befundung und erläutern die Graustufenauflösung sowie die gesetzlichen Anforderungen an Befundungsmonitore. In diesen Kapiteln wird die Bedeutung und Umsetzung des DICOM-Standards Teil 14 (Grayscale Standard Display Function) für die Graustufenauflösung digitaler Bilder in der Radiologie dargestellt.

Kapitel 11 beschreibt die zu beachtenden Rahmenbedingungen von LCD-Monitoren in der Patientenumgebung gemäß Medizinproduktegesetz und Röntgenverordnung sowie die daraus resultierenden Anforderungen an die elektrische Sicherheit beim Betreiber. Das abschließende Kapitel 12 gibt einen Ausblick auf die nächste aufkommende Bildschirmtechnologie in Form der OLED-Technologie.

1 Allgemeine Grundlagen

Ein Monitor bzw. Display dient der Visualisierung der Bedienoberfläche von Software. Als Schnittstelle zwischen Computer und Monitor dient die Grafikkarte, die dem Prozessor die nötige Berechnung für die Darstellung auf dem Monitor abnimmt.

In der Praxis werden die Begriffe „Bildschirm, Monitor, Display, Screen und Bildschirmwiedergabegerät“ häufig synonym verwendet, um ein Anzeigegerät eines Computers zu bezeichnen. Im Gesundheitswesen versteht man unter einem Monitor z. B. sowohl einen Patientenüberwachungsmonitor zur Visualisierung von Vitalparametern mit Kurven und Werten als auch einen (IT-)Monitor für allgemeine Büroanwendungen.

1.1 Definition der verwendeten Begriffe

Im Folgenden wird zunächst unter Monitor immer der IT-Monitor verstanden, der zur Anzeige von Bildern, Texten oder sonstigen Informationen eingesetzt wird. Im Zusammenhang mit der Überwachung von Vitalparametern wird der Begriff „Patientenüberwachungsgerät“ oder Patientenmonitor, im Zusammenhang mit Befundung/Betrachtung wird der spezielle Begriff „Bildwiedergabegerät“ verwendet.



Bild 1.1: IT-Monitor

Allgemeine Grundlagen

Bildschirm

Ein Bildschirm (auch als Monitor bezeichnet) ist ein Ausgabegerät (Bild 1.1) eines Computers bzw. ein Teil eines Ausgabegerätes zur Darstellung von Zeichen oder Bildern. Es ist somit ein Anzeigegerät im technischen Sinne.

Als Ausgabegerät für Computer kommen Bildschirme auf Basis von Braun'schen Röhren (CRT = Cathode Ray Tube) seit den 50er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts zum Einsatz, zunächst mit vektorieller Ansteuerung (Vektorgrafik). Die später aufkommenen Videoterminals verwendeten vorwiegend Rastergrafiken zum Aufbau des Bildes. Bei den meisten Videoterminals lassen sich die einzelnen Bildpunkte nicht direkt ansprechen, vielmehr übernimmt ein Character-Prozessor die Darstellung von einzelnen Zeichen; die Anzahl und das Aussehen darstellbarer Zeichen ist somit durch diesen vorgegeben.

In den frühen 1980er-Jahren wurde zunehmend die grafische Ausgabe wichtiger, treibend hierbei war unter anderem die Entwicklung von Computer Aided Design (CAD) und von grafischen Benutzeroberflächen (GUI, Graphical User Interface), die mit dem Macintosh-Computer populär wurden.

Seit Ende des vergangenen Jahrhunderts haben die Flachbildschirme in LCD-Technologie begonnen, die Röhrenmonitore weitgehend abzulösen.

Monitor:

Ein Monitor (engl. to monitor, überwachen, lat. monere, ermahnen, warnen) bezeichnet allgemein eine technische Einrichtung, um etwas zu überwachen:

- ein elektronisches Anzeigegerät für Computer, Video-Anlagen oder Messgeräte, siehe Bildschirm;
- in der Informatik eine Technik zur Benutzung von begrenzten Ressourcen durch nebenläufige Prozesse respektive ein Computerprogramm zur Überwachung von Zuständen eines Computers bzw. eines anderen Programms;
- im medizinischen Bereich eine technische Einrichtung zur ständigen optischen oder akustischen Überwachung von Vitalparametern in der Intensivmedizin (Patientenüberwachungsmonitor, siehe Bild 1.3).

Die Bildschirmgröße (Bild 1.2) bezieht sich immer auf die Diagonale der Geräteabmessungen und wird in Zoll angegeben; diese ist in der Regel etwas größer als die sichtbare Diagonale. Weitere Kennzeichen eines Monitors sind die maximale Vertikalfrequenz, aus der sich für eine bestimmte Matrix (z. B. 1024×768 Bildpunkte) eine Bildwiederholfrequenz (z. B. 80 Hz) ergibt, die Helligkeit, der Kontrast, die Reaktionszeit sowie besonders bei LCD-Monitoren die Anzahl der Pixel und die Angaben zum Betrachtungskegel (Sehkegel).



Bild 1.2: Diagonale eines Monitors in Zoll

Patientenmonitor (Patientenüberwachungsgerät)

Im klinischen Sprachgebrauch wird mit Monitor aber auch ein Patientenüberwachungsgerät (Bild 1.3) zur Aufzeichnung und Darstellung von Vitalparametern bezeichnet. Ein **Monitor** im medizinischen Sinn (auch **Vitaldatenmonitor**) ist ein Gerät oder eine Gerätekombination, mit dem/der die Vitalparameter eines Lebewesens gemessen und überwacht werden.

Monitore werden vor allem während der Narkose bei Operationen, bei kritisch kranken Patienten in der Intensivmedizin, während Untersuchungen mit einer Sedierung oder bei anderen Krankheitsbildern, die eine kontinuierliche Überwachung erfordern, eingesetzt. Für den Einsatz bei Notfallpatienten stehen mobile Geräte zur Verfügung.

Display:

Unter einem Display (engl. to display = anzeigen) versteht man ebenfalls ein Anzeigergerät. Umgangssprachlich werden Flachbildschirme auch als Display bezeichnet. Display und Monitor werden umgangssprachlich in gleicher Bedeutung verwendet.

Bildwiedergabegerät

Als Bildwiedergabegeräte (BWG) werden IT-Monitore bezeichnet, wenn sie zur Befundung und/oder Betrachtung in der Radiologie eingesetzt werden. Der Begriff wird vor allem in der Qualitätssicherungsrichtlinie (QS-RL) und DIN V 6868-57 sowie in der Röntgenverordnung (RöV) verwendet. Die QS-RL definiert die Anforderungen an IT-Monitore für den Einsatz als Bildwiedergabegeräte zur Befundung/Betrachtung.

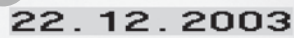


Bild 1.3: Patientenmonitor (Patientenüberwachungsgerät)



1.2 Röhrenmonitore

Röhrenmonitore gemäß Bild 1.5, auch als Kathodenstrahl-Monitore (CRT = Cathode Ray Tube) bezeichnet, setzen eine Bildröhre wie in älteren Fernsehgeräten ein.

Die Bildröhren für Computer-Monitore sind qualitativ hochwertiger, weil der Abstand zwischen Mensch und Monitor geringer ist als beim Fernseher. Deshalb muss die Darstellungsqualität beim Computer-Monitor deutlich besser sein.



Bild 1.5: Prinzipdarstellung eines Röhrenmonitors (CRT-Monitor)

Die Röhre besteht aus einem luftleeren, schwarzen Glaskolben. Der äußere Druck lastet auf der Röhre. Sie muss deshalb vor mechanischer Beschädigung geschützt werden, da ansonsten die Gefahr besteht, dass die Röhre implodieren kann.

Wird der Monitor eingeschaltet, wird am hinteren Ende der Röhre von der Kathode (metallische Elektrode) ein Elektronenstrahl erzeugt, der in Richtung der Anzeigefläche gerichtet ist und dort auf die Scheibe prallt. Dort entsteht ein leuchtender Fleck. Zwischen Kathode und Scheibe kommt der Elektronenstrahl an weiteren Elektroden und Spulen vorbei. Diese Bauteile steuern den Elektronenstrahl in Intensität und Ort, wo er auf die Scheibe trifft. Um eine brauchbare Bildschirmanzeige zu erhalten, wird