Fachschule für Technik
Fachrichtung Elektrotechnik

GRUNDIG AKADEMIE

Metz-Werke GmbH & Co KG

Projektarbeit

- Exzerpt -

Aufbau einer HDMI-Senke zur Messung und Beurteilung geeigneter HDMI-Quellen und -Kabel

eingereicht von:	Christian Liebkies
betreuende Lehrkraft:	Joachim Hertle
in Kooperation mit:	Fa. Metz
Firmenbetreuer:	Stefan Mailer Rainer Wachtler

Abgabedatum	13. April 2015

Einleitung

Aufgrund meiner 7-jährigen Tätigkeit bei den **Metz-Werke GmbH & Co KG** bot es sich an, die Projektarbeit im Rahmen meiner Ausbildung zum staatlich geprüften Techniker in Kooperation mit meinem ehemaligen Arbeitgeber zu erstellen. Zusammen mit der TV-Geräte Entwicklungsabteilung wurde eine Arbeit mit folgendem Thema konzipiert:

Aufbau einer HDMI-Senke zur Messung und Beurteilung geeigneter HDMI-Quellen und –Kabel, für EMV-Messungen an Fernsehgeräten

Hintergrund und daraus resultierende Aufgabenstellung

Die Fa. Metz als Premium TV-Gerätehersteller unterliegt als Hersteller von Betriebsmitteln dem EMVG- Gesetz:

"Ziel des Gesetzes über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG) ist es, einen Rechtsrahmen für ein verträgliches Nebeneinander der wachsenden Vielfalt elektrischer Betriebsmittel (elektr. Maschinen, elektrischer Hausgeräte, Funkanlagen, Telekommunikationsnetze etc.) zu schaffen. Danach sollen diese so beschaffen sein, dass sie andere Geräte und Anlagen möglichst wenig stören und zugleich auch von diesen möglichst wenig gestört werden. [...]."

Das Gesetz ist am 29. Februar 2008 verkündet worden und am 01. März 2008 in Kraft getreten.

Bei Messungen mit HDMI-Kabeln wurde festgestellt, dass Leitungen unterschiedlichster Preis- und Qualitätsstufen hinsichtlich der oben gestellten Anforderungen sehr große Abweichungen aufweisen.

Die zentrale Frage lautet deshalb:
Sind teurere Kabel wirklich immer gut und billige grundsätzlich schlecht?

Inhalt der Projektarbeit war, eine passive HDMI-Senke zu erstellen, die der HDMI-Quelle die benötigten Parameter zur Verfügung stellt, damit eine Kommunikation (Datenverkehr) zu Stande kommt, **ohne jedoch eigene EMV-Störungen zu erzeugen**. Somit können bei der EMV-Messung von Fernsehgeräten Quellen und Verbindungskabel ausgewählt werden, die ein bestmögliches EMV-Verhalten aufweisen und somit die Beurteilung der Qualität der angeschlossenen Fernsehgeräte erleichtern.

Umsetzung

Bestückung & Gehäuseeinbau

Im Vorfeld wurde bereits von der TV-Geräte Entwicklungsabteilung der Fa. Metz die unten gezeigte Schaltung entworfen. Der Anspruch hierbei war, die Schaltung HF-dicht umzusetzen. Dies kann nur gewährleistet werden wenn die Leitungslängen bestimmte Widerstandswerte (100Ω) nicht überschreiten, was im Anschluss mittels der TDR-Messung überprüft wurde.

In den ersten Arbeitsschritten wurden die angefertigten Platinen auf offensichtliche Schäden überprüft (Sichtkontrolle) und anschließend gemäß dem Schaltplan bestückt.

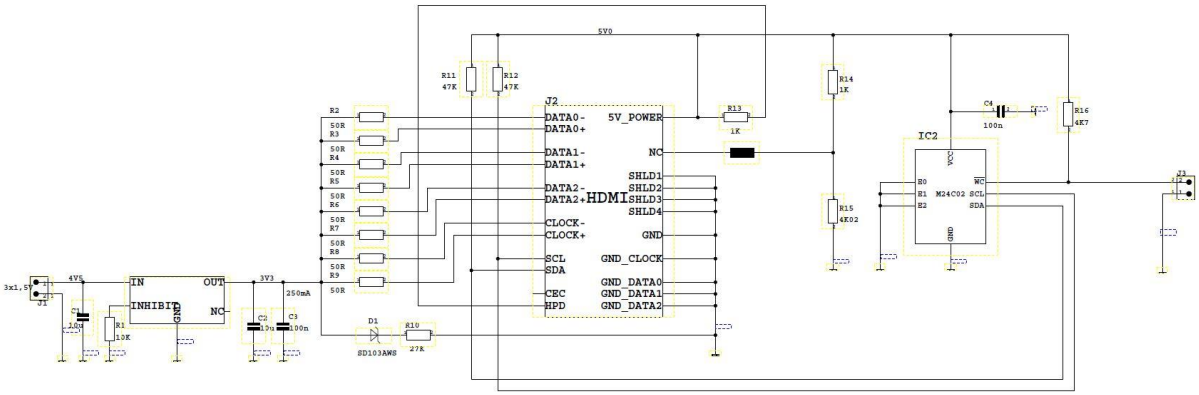

Abbildung 1: Schaltplan

Bei den Gehäuse-Aussparungen für die HDMI-Buchse, den Ein-/Aus-Schalter und der Betriebs-LED musste darauf geachtet werden, dass diese nicht zu groß sind und somit keine Luftspalte entstehen, da hierdurch EMV-Störfelder austreten können. Genaues Arbeiten war hier Grundvoraussetzung. Zur Sicherheit wurde an allen Aussparungen eine Kupferfolie angeklebt, um somit das Gehäuse EMV-technisch bestmöglich abzuschirmen.

Abbildung 2: HDMI-Senke Front

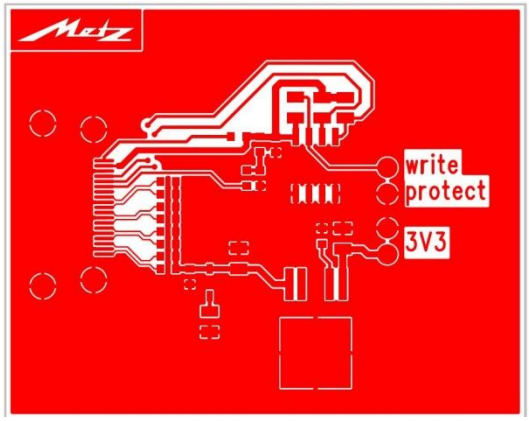

Abbildung 3: Layout

TDR-Messung

Laut der HDMI-Norm müssen Leitungen, sowie die Anschlusskontakte eine Impedanz von 100Ω (+/- 15% -> 85Ω - 115Ω) einhalten. Dieser Wert wurde mittels einer Differenz-Impedanz-Messung überprüft. Hierbei wurden sehr steilflankige Rechteckimpulse erzeugt und auf die Leitungen gegeben, um somit den Wellenwiderstand zu messen. Laut Norm

muss das Rechtecksignal eine „risetime“ (Anstiegszeit) von 200ps (Pikosekunden -> $200*10^{-12}$ Sekunden) haben. Je kürzer die „risetime“, desto steilflankiger ist der Impuls und desto stärker die „Belastung“ für die Leitungen und Anschlüsse.

Was passiert, wenn diese Werte nicht eingehalten werden? Und wie kann dies geschehen?

Für jedes Signal sind "Stoßstellen" die Problemstellen und können zu Signalfehlern führen. An diesen Anschlussstellen, zwischen Leiterbahn und Stecker, ändert sich das Übertragungsmedium. Ähnlich verhält es sich im Straßenbau und dem Übergang auf eine Brücke. Dort werden sogenannte Dehnungsfugen eingebaut, sind diese zu groß oder zu klein, entstehen Lücken oder Bodenwellen, welche im Extremfall das fahrende Auto aus der Spur werfen. Ebenso passiert es mit den Taktsignalen bei der Datenübertragung. Sind diese Anschlussstellen nicht innerhalb der Toleranz (85Ω - 115Ω), so werden gewisse Anteile des Signals reflektiert, was zu einer Veränderung des zu übertragenden Signals führt und somit zu Übertragungsfehlern.

Abbildung 4: TDR-Messung "190ps"

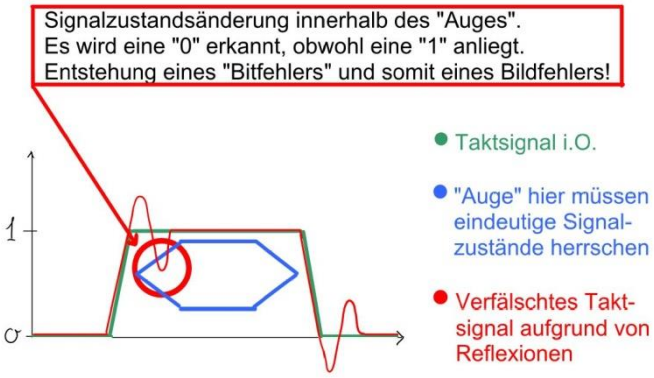

Abbildung 5: HDMI-Reflexionen

Spektralanalyse

Im Anschluss an die Bestückung und den Einbau wurde die HDMI-Senke einer Spektrum-Analyse unterzogen. Die Senke wurde via HDMI mit einem DVD-Spieler verbunden, um somit den Datenverkehr zu simulieren. Anschließend wurde mittels einer Nahfeld-Messantenne die abgestrahlte EMV-Störfeldstärke gemessen, sowohl am Anschluss des Kabels, als auch auf der Anschlussseite der HDMI-Senke.
Auf den Diagrammen ist zu erkennen, dass die auftretende Störfeldstärke außerhalb der HDMI-Senke (am Anschluss des HDMI-Kabels) bedeutend größer ist wie auf der Innenseite der Senke.

Abbildung 6: Spektralanalyse "Kabel"

Abbildung 7: Spektralanalyse "Senke"

EMV-Messung (Freifeldmessplatz)

Die Messung zur Elektromagnetischen Verträglichkeit an einem Freifeldmessplatz unterliegt u.a. folgenden Anforderungen:

"Freifeldmessplätze müssen frei von Gebäuden, elektrischen Leitungen, Zäunen, Bäumen usw. sowie von unterirdisch verlegten Kabeln, Rohrleitungen usw. sein, sofern sie nicht zur Versorgung und zum Betrieb des Prüflings erforderlich sind."

© DIN EN 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4):2011-03
EN 55016-1-4:2010
(Eingefügt: 07.03.2015)

Die Messung der EMV-Störfeldstärke sieht wie folgend beschrieben aus:
Der Prüfling wird auf einem um 360° drehbaren Tisch aufgestellt, in einer Entfernung von 3 Metern steht die Empfangsantenne. Nun werden von einem ca. 7 Meter entfernten Messraum aus, der Drehtisch, die Antenne und die Empfangsfrequenz eingestellt.

1. Mittels des Rohde & Schwarz ESCI - EMI Test Receiver wird die Empfangsfrequenz eingestellt.
2. Es wird ein Maximalausschlag des Störpegels ermittelt, indem der Drehtisch in 1° Schritten um insgesamt 360° gedreht wird. Sobald hier ein Maximum erkannt wird, stoppt man den Drehtisch und gelangt zum nächsten Schritt.
3. Hier wird ein eventuell weiteres Maximum erörtert, indem die Empfangsantenne in Ihrer Höhe verstellt wird (zwischen 1 Meter Höhe und 4 Meter)

Diese Messungen mussten einmal für die horizontale und einmal für die vertikale Polarisation vorgenommen werden.

Anschließend mussten die gemessenen dB-Werte mittels einer eigens von der Fa. Metz angefertigten Korrekturtabelle angepasst werden. Die Korrekturwerte ergeben sich aufgrund von Abweichungen des aufgebauten Messplatzes bezüglich der DIN EN Norm-Vorgaben und müssen daher in regelmäßigen Abständen kontrolliert und korrigiert werden.

Abbildung 8: EMV-Freifeldmessplatz

Abbildung 9: EMV-Messvorrichtung

Messergebnisse

In den unten aufgeführten Messwerten sind die gesetzlichen Grenzwerte, sowie die gemessenen Frequenzen erkennbar. Die Frequenzen ergeben sich aus der zu übertragenden Bildqualität (z.B. 576p / 720p / 1080p) und deren vielfachen "Oberwellen". So entspricht die Taktfrequenz "Grundschwingung" bei einer Übertragungsqualität von 1920x1080 Pixel (1080p)148,5 MHz. Bei einer Bildübertragung von z.B. nur 576p wäre die Taktfrequenz 27 MHz. Ab welcher Frequenz und bis zu welcher Oberwelle die Messungen ausgeführt werden müssen, legt die DIN EN 55013 &55022 (Störaussendung) fest.

EMV-Prüfung

Messempfänger:
Rohde & Schwarz ESCI EMI-TEST-RECEIVER 1166, S950, 03

Vorgaben: DIN EN 55013 & 55022

Frequenz	Korrekturfaktor
148,5 MHZ	15,9 dB
297,0 MHz	22,7 dB
445,5 MHz	22,9 dB
594,0 MHz	23,1 dB
891,0 MHz	27,0 dB

Grenzwerte:
< 230 MHz = 40 dBµV
> 230 MHz = 47 dBµV

Messung HDMI-Kabel "~ 2€/m 18.02.2015"

Frequenz	Messempfänger - Anzeigewert horizontal	MW unter Berücksichtigung des Korrektur Faktors	Messempfänger - Anzeigewert vertikal	MW unter Berücksichtigung des Korrektur Faktors
148,5 MHz	16,2 dB	32,1 dB	7,4 dB	23,3 dB
297,0 MHz	18,2 dB	40,9 dB	7,6 dB	30,3 dB
445,5 MHz	5,2 dB	28,1 dB	11,5 dB	34,4 dB
594,0 MHz	10,8 dB	33,9 dB	13,1 dB	36,2 dB
742,5 MHz	Nicht messbar, DVB-T Sendebereich			
891,0 MHz	7,1 dB	34,1 dB	3,5 dB	30,5 dB

Messung HDMI-Kabel "3€/m 12.03.2015"

Frequenz	Messempfänger - Anzeigewert horizontal	MW unter Berücksichtigung des Korrektur Faktors	Messempfänger - Anzeigewert vertikal	MW unter Berücksichtigung des Korrektur Faktors
148,5 MHz	13,5 dB	29,4 dB	4,0 dB	19,9 dB
297,0 MHz	11,7 dB	34,4 dB	4,4 dB	27,1 dB
445,5 MHz	4,8 dB	27,7 dB	8,1 dB	31,0 dB
594,0 MHz	9,0 dB	32,1 dB	11,3 dB	34,4 dB
742,5 MHz	Nicht messbar, DVB-T Sendebereich			
891,0 MHz	0,0 dB	27,0 dB	0,0 dB	27,0 dB

Messung HDMI-Kabel "~ 4€/m 18.02.2015"

Frequenz	Messempfänger - Anzeigewert horizontal	MW unter Berücksichtigung des Korrektur Faktors	Messempfänger - Anzeigewert vertikal	MW unter Berücksichtigung des Korrektur Faktors
148,5 MHz	17,4 dB	33,3 dB	7,0 dB	22,9 dB
297,0 MHz	16,5 dB	39,2 dB	4,7 dB	27,4 dB
445,5 MHz	9,9 dB	32,8 dB	11,9 dB	34,8 dB
594,0 MHz	8,8 dB	31,9 dB	11,8 dB	34,9 dB
742,5 MHz	Nicht messbar, DVB-T Sendebereich			
891,0 MHz	7,5 dB	34,5 dB	4,5 dB	31,5 dB

Messwerte: Funkstörfeldstärke in dBµV/m
Messentfernung: 3m

Abbildung 10: EMV-Messergebnisse

Fazit

Die oben aufgeführten Messergebnisse zeigen deutlich, dass es zwar unterschiedlich gute und schlechte HDMI-Kabel gibt, jedoch auch, dass selbst die günstigsten HDMI-Kabel noch weit von den gesetzlichen, maximal zulässigen Obergrenzen der EMV-Störfeldstärke entfernt sind. Ebenso lässt sich die Qualität des Kabels, bezüglich des EMV-Verhaltens, nicht direkt am Preis feststellen, da selbst Kabel mit einem Meterpreis von ca. 3,- € sehr gute EMV-Messwerte liefern können.

Worin liegt nun der Unterschied der HDMI-Kabel und wo tritt die EMV-Störung aus?

Es kommt nicht auf die Dicke des Kabels und der somit vermeintlich besseren „höheren“ Schirmung an, sondern darauf, wie die Leitungslitzen an den Steckkontakt angebracht sind, und wie der Stecker selbst isoliert ist.
Bei den günstigen Varianten werden die Litzen an den Steckkontakt nur einseitig angelötet und liegen somit auf der anderen Seite „offen“, dies wäre prinzipiell noch nicht schlimm, jedoch werden diese offenen Stellen nicht durch eine Metallschicht geschirmt, sondern nur mit Kunststoff ausgefüllt und somit nur vor mechanischer Beanspruchung geschützt.
Bei den besseren Kabeln werden die Litzen erstens ganzseitig umschlossen und an den Kontakt angelötet oder gecrimpt und anschließend wird das Metall des Steckers noch über die Kontaktstellen weitergeführt, um somit das Austreten von EMV-Störungen durch einen Metallmantel abzuschirmen.

Abbildung 11: HDMI-Kabel ohne Schirmung

Abbildung 12: Bei amazon.de erhältliches HDMI-Kabel mit Schirmung

Eine sofortige Störung im normalen Haushalt kann nicht festgestellt werden, doch für die Beurteilung des EMV-Verhaltens unserer TV-Geräte können durch das richtige HDMI-Kabel deutlich genauere und bessere Werte erzielt werden.

Bei oberflächlicher Betrachtung erscheint es irrelevant, welches HDMI-Kabel man verwendet, jedoch sollte man durchaus darauf achten ein „besseres“ Kabel einzusetzen, um somit die Störquellen im Haushalt minimal zu halten.