

HÖHERE TECHNISCHE BUNDESLEHRANSTALT HOLLABRUNN

Höhere Abteilung für Elektronik – Technische Informatik

Klasse/ Jahrgang: 5BHEL	Gruppe: 1b	Übungsleiter: Prof. Prior
Übungsnummer: 1 / 3	Übungstitel: EMV	
Datum der Übung: 29. 09. 2015	Teilnehmer: Dorner, Mötz, Oberhamberger, Prinz	
Datum der Abgabe: 13. 10. 2015	Schriftführer: Mötz Florian	Unterschrift:

	Beurteilung
Aufgabenstellung	
Dokumentation	
Messschaltungen	
Messtabellen	
Berechnungen	
Programmlistings	
Auswertung	
Diagramme	
Berechnungen	
Simulationen	
Schlussfolgerungen	
Kommentare	
Inventarliste	
Messprotokoll	
Form	
Summe	

Allgemeiner Teil

Titel der Übung: EMV

Übungsnummer: 1 / 3

Übungsplatz: EMV-Messstation (Elektrotechnik-Labor)

Datum der Übung: 29. 09. 2015

Klasse: 5BHEL

Schriftführer: Mötz Florian

Übungsteilnehmer: Dorner Fabian
Oberhamberger Christoph
Prinz Bernhard

Inhaltsverzeichnis

1.	EMV	4
1.1	Theoretische Grundlagen	4
1.2	Messplatz.....	4
1.3	Messsystem	5
2.	Leitungsgebundene Störaussendung (Monitor)	5
2.1	Aufgabenstellung.....	5
2.2	Messung an Netzstecker	5
2.3	Messung ohne Messobjekt	6
2.4	Messung Monitor	7
2.5	Filter entwickeln	8
2.5.1	Aufgabenstellung.....	8
2.5.2	Altium Schaltung	9
2.5.3	Altium Simulation	9
2.5.4	Aufbau	10
2.5.5	Messung mit Filter.....	10
3.	Leitungsgebundene Störbeeinflussung (VT-100).....	11
3.1	Aufgabenstellung.....	11
3.2	Allgemeines	11
3.3	Burstgenerator	11
3.4	Burst auf Netzspannung	12
3.5	Burst auf Tastaturkabel	12
4.	Störaussendung analysieren.....	13
4.1	Aufgabenstellung.....	13
4.2	Allgemeines	13
4.3	Messung	13
5.	Elektrostatische Entladungen.....	14
5.1	Aufgabenstellung.....	14
5.2	Allgemeines	14
5.3	ESD-Pistole.....	14
5.4	Demonstrierung	14
6.	Erkenntnisse	14
7.	Inventarliste.....	15
8.	Messprotokoll.....	16

1. EMV

Die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) beschreibt die Aussendung bzw. Aufnahme hochfrequenter Signale eines Geräts. Im Zuge der CE-Kennzeichnung (bei Produkten auf dem europäischen Markt verpflichtend) ist die Einhaltung bestimmter (EMV-)Normen verpflichtend.

1.1 Theoretische Grundlagen

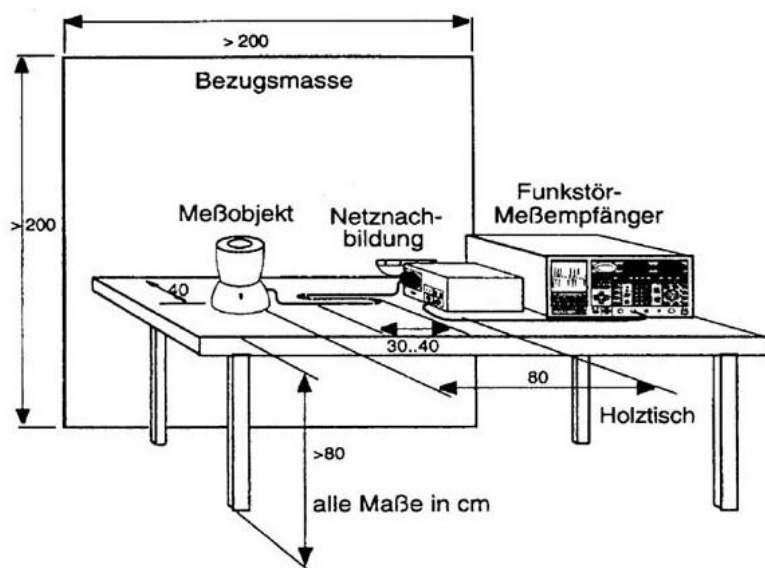
Die EMV kann man grundsätzlich in strahlungs- und leitungsgebundenen Störungen eingliedern. Weiters wird unterschieden, ob die Störungen von dem Gerät ausgesendet werden, oder ob sich das Gerät durch einfließende Störungen beeinflussen lässt.

Mit den im Labor verfügbaren Geräten ist die Messung der strahlungsgebundenen Störungen nur bedingt möglich, wodurch sich in dieser Labor-Übung mit den leitungsgebundenen Störungen auseinandergesetzt wurden.

1.2 Messplatz

Bei EMV-Messung ist ein genormter, von äußeren Störungen möglichst abgeschirmter Messplatz notwendig, damit Fehlerfälle an jedem beliebigen EMV-Messplatz rekonstruiert werden kann.

Der verwendete Messplatz im Elektrotechniklabor, welcher für die Übung verwendet wurde, entspricht bis auf wenige Abweichungen dem genormten Messplatz für EMV-Messungen:



Skizze: Messaufbau leitungsgebundene Störaussendung (Quelle: www.heimkinoverein.de)

1.3 Messsystem

In der Übung wurden die Störungen an einer Netzsteckdose gemessen. Dafür stand ein Messaufbau bereit, in welchem eine Schuko-Steckdose mit Netzspannung zur Verfügung steht, an welcher die Störungen gemessen wurden. Die Störungen wurden von diesem Gerät per Koaxialkabel mit einem Signal Analyzer verbunden, welcher wiederum über eine serielle Schnittstelle mit dem PC des Mess-Towers verbunden war.

Auf dem PC war die Software zur Kommunikation mit dem Signal Analyzer bereits installiert. Das gesamte Messsystem war bereits aufgebaut und kalibriert. In der Software konnten bestimmte Normen eingespeichert und in den Graphen als Obergrenzen eingeblendet werden. Für die Messungen wurden 2 schon vordefinierte Normen verwendet.

Da bei diesen Messungen (vor allem beim Generieren eines Bursts) sehr hohe Störströme bzw. Stromspitzen auftreten, wird ein Versorgungsnetz ohne FI-Schutz verwendet. Dadurch ist bei dieser Übung enorme Vorsicht geboten.

2. Leitungsgebundene Störungsaussendung (Monitor)

2.1 Aufgabenstellung

Aufgabe war es, die leitungsgebundenen Störungsaussendungen eines alten Röhren-Monitors zu messen.

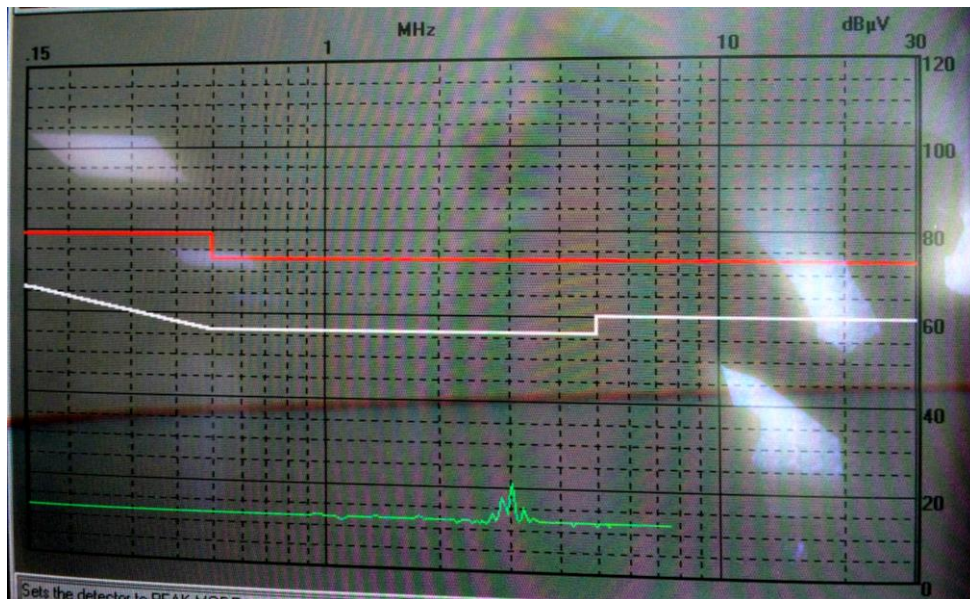
2.2 Messung an Netzstecker

Der Monitor wurde mittels Kaltgerätekabel an die EMV-Messstation angeschlossen und eingeschaltet. Die EMV-Messstation versorgt den Monitor mit dem Netzstrom und misst gleichzeitig die leitungsgebundenen Störungen.

Es wurde eine Messung von 10 kHz bis 30 MHz mit einer Schrittweite von 500 Hz gestartet. Nachdem nach 5 Minuten Messdauer nicht einmal ein 1/8 der Messung durchgeführt war, wurde diese Messung abgebrochen und später mit höherer Schrittweite und kleinerem Frequenzbereich wiederholt.

Weiters wurde vom Übungsleiter erklärt, dass bei dieser Messung das ungeschirmte Kaltgerätekabel Störungen aus der Luft aufnimmt und diese dann in der Messung zum Vorschein kommen.

Deshalb wurde das Kaltgerätekabel vom Monitor abgesteckt und die Störungen, welche vom Kabel aufgenommen werden, wurden gemessen.



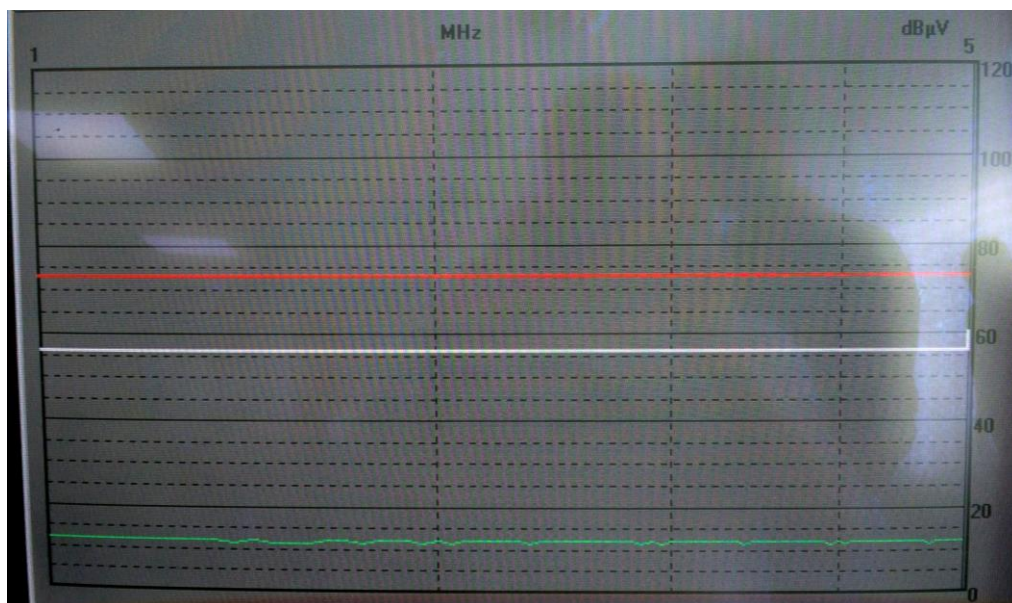
Messung: 150 kHz ... 30 MHz, 1 kHz Step, nach 7.6 MHz wegen Zeitmangel abgebrochen

Anmerkung: Nach Rücksprache mit dem Übungsleiter wurden alle Aufzeichnungen der Messungen nur mittels Bildschirmfoto durchgeführt, da die Übertragungskette zwischen Mess-PC und eigenem Rechner zu langwierig und fehleranfällig wäre.

Hier kann man erkennen, dass eine Störung bei 3 MHz auftritt. Diese Störung wird vom Kabel über die Luft aufgenommen.

2.3 Messung ohne Messobjekt

Um auszuschließen zu können, dass etwaige gemessene Störungen vom Messsystem selbst stammen, wurde eine Messung ohne angeschlossener Objekte / Kabel gestartet. Diese Messung wurde um den Bereich der vorher aufgenommenen Störung (bei ca. 3 MHz) durchgeführt.

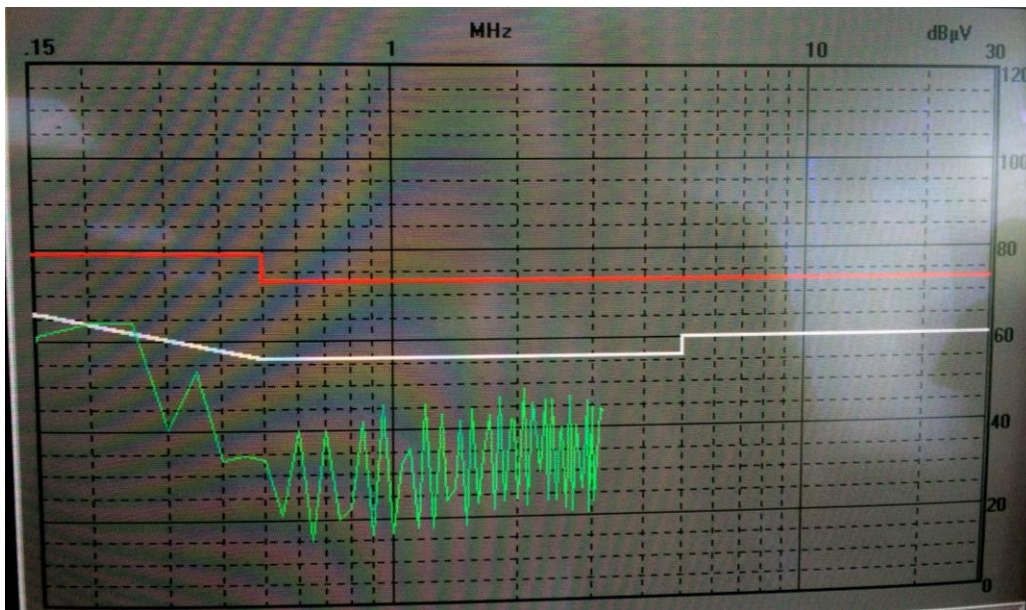


Messung: 1 MHz ... 5 MHz, 1 kHz Step

Diese Messung zeigt, dass das Messsystem selbst nur sehr geringe Schwankungen in der Messung zeigt. Dadurch kann angenommen werden, dass alle gemessenen Störungen nicht von dem Messgerät selbst stammen.

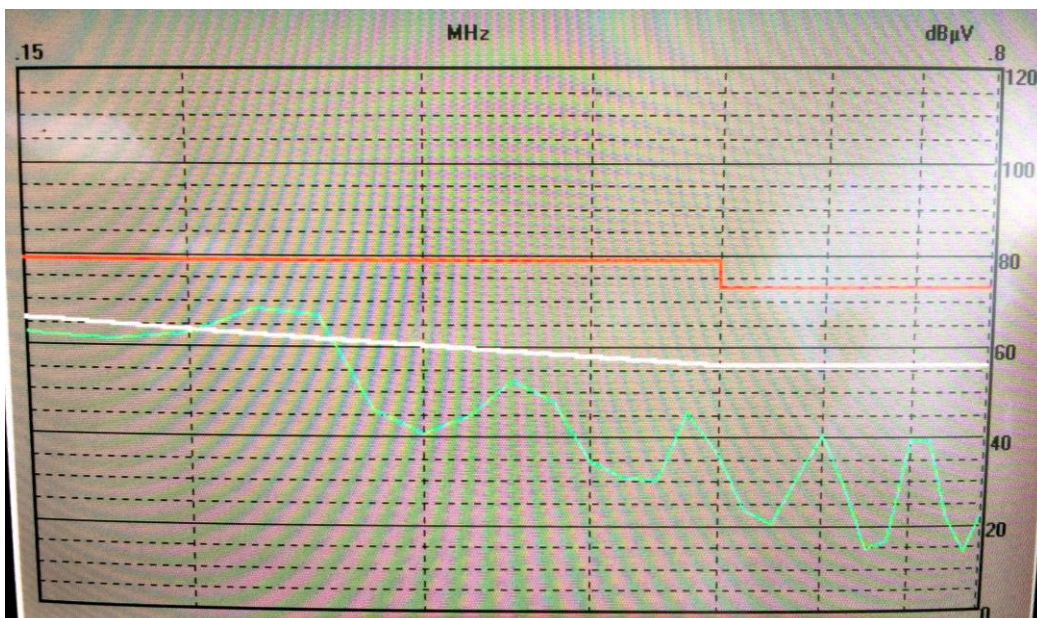
2.4 Messung Monitor

Nachdem definiert wurde, welche Störungen über das Kabel in das Messsystem gelangen, konnte der Monitor gemessen werden.



Messung: 150 kHz ... 30 MHz, 1 kHz Step, nach 3,2 MHz wegen Zeitmangel abgebrochen

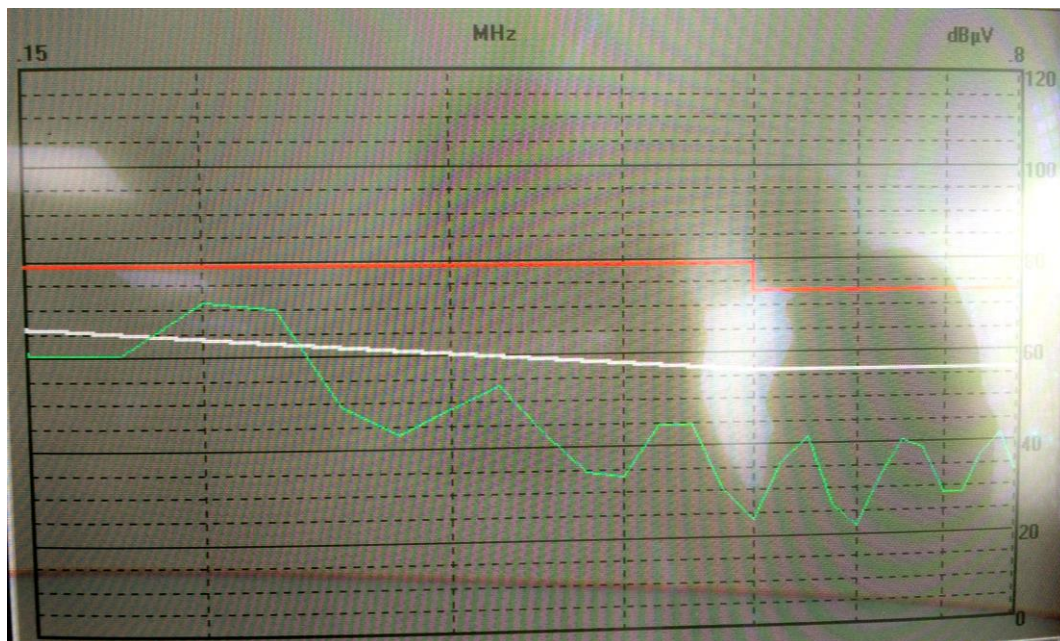
Diese Messung zeigt, dass der Monitor einige Störungen aussendet. Da die Messung mit dieser Schrittweite zu lang dauert, jedoch auch eine zu ungenaue Auflösung bietet, wurde eine weitere Messung gestartet. Diese Messung mit kleinerem Frequenzbereich und kleinerer Schrittweite wurde um den Frequenzbereich gesetzt, bei dem die Messung über die erste eingestellte Norm ragt.



Messung: 150 kHz ... 800 kHz, 500 Hz Step

Hier kann man klar erkennen, dass der Monitor zwischen 200 und 300 kHz Störungen aussendet, welche die erste Norm überschreiten.

Das Messsystem misst die Störungen nur auf einer Netzleitung. Um zu definieren, ob die Störung nur auf einer der beiden Leitungen oder auf beiden Leitungen auftritt, wurde der Stecker umgepolt und die Messung wurde erneut durchgeführt:



Messung: 150 kHz ... 800 kHz, 500 Hz Step, Stecker umgepolt

Diese Messung zeigt, dass die Störung auf beiden Netzleitungen auftritt.

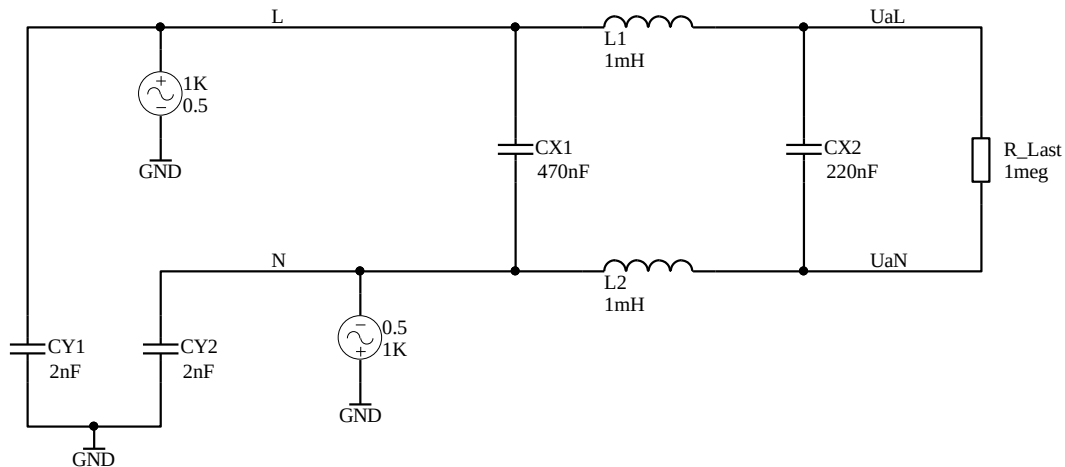
2.5 Filter entwickeln

2.5.1 Aufgabenstellung

Aufgabe war es, einen Filter gegen die Störungen des im vorigen Punkt gemessenen Monitors zu entwickeln. Dabei wurde ein Set aus Kondensatoren und Spulen verwendet, welches für 230V ausgelegt ist und mit Bananen-Steckern ausgerüstet ist. Dadurch wurde der Aufbau des Filters erheblich erleichtert.

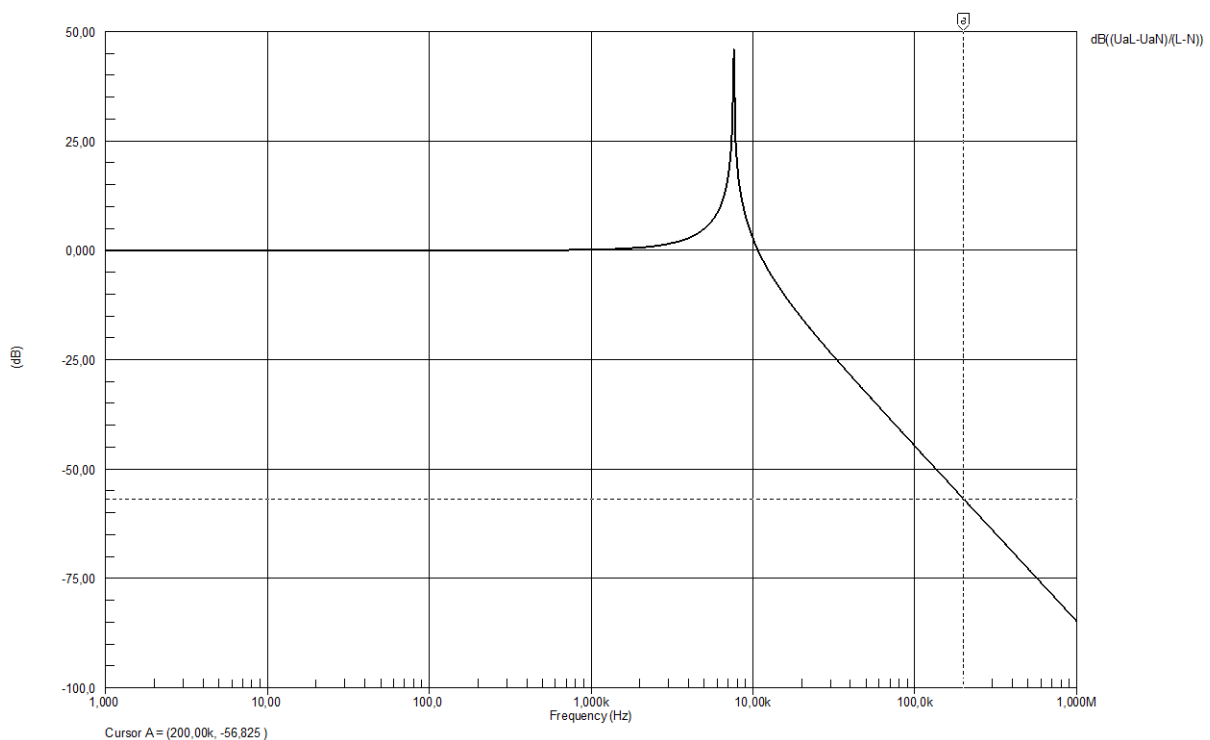
Es wurde eine Altium-Schaltung mit den vorhandenen Bauteilen erstellt und simuliert. Die Schaltung wurde anschließend mit den vorhandenen Bauteilen so verändert, dass ein Filter entsteht, der zwischen 200 und 300 kHz eine genügend hohe Dämpfung besitzt, welche die ausgesendeten Störungen des Monitors unter den Maximalwert der Norm bringt.

2.5.2 Altium Schaltung



Nach einigen Simulationen und Veränderungen an den Bauteilwerten wurde diese Schaltung gewählt, um eine Dämpfung um die Frequenzen 200 und 300 kHz zu generieren.

2.5.3 Altium Simulation



Diese Simulation zeigt, dass bei 300 kHz eine Dämpfung von 56 dB vorhanden ist.

2.5.4 Aufbau

Die Bauteile wurden in eine bereitgestellte Box gesteckt. Diese Box besitzt ein Netzkabel zum Anschluss an eine Schuck-Steckdose und ein angeschlossenes Kaltgerätekabel.

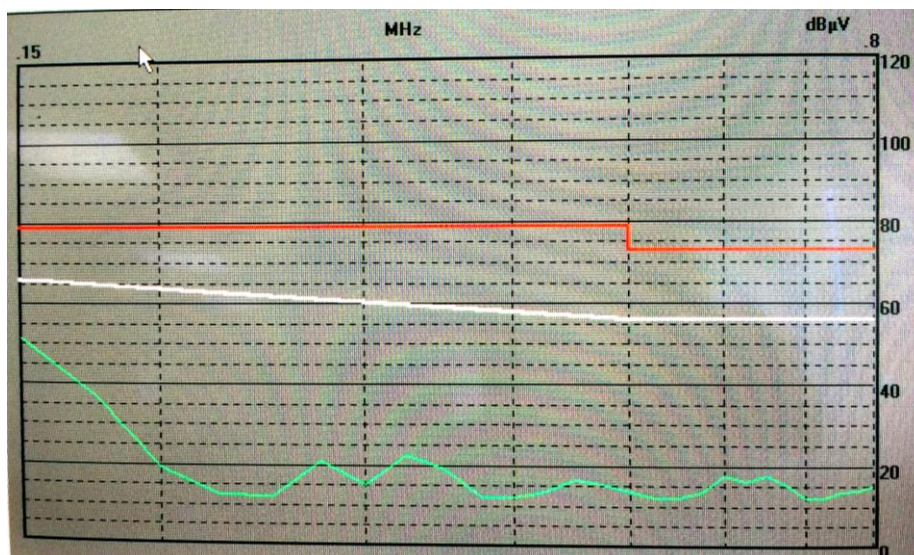
Die Bauteile wurden gemäß der in Altium gezeichneten Schaltung aufgebaut.



Aufbau: Filter mit 230V-Bauteilen, in vorgefertigter Box mit Anschlusskabeln

2.5.5 Messung mit Filter

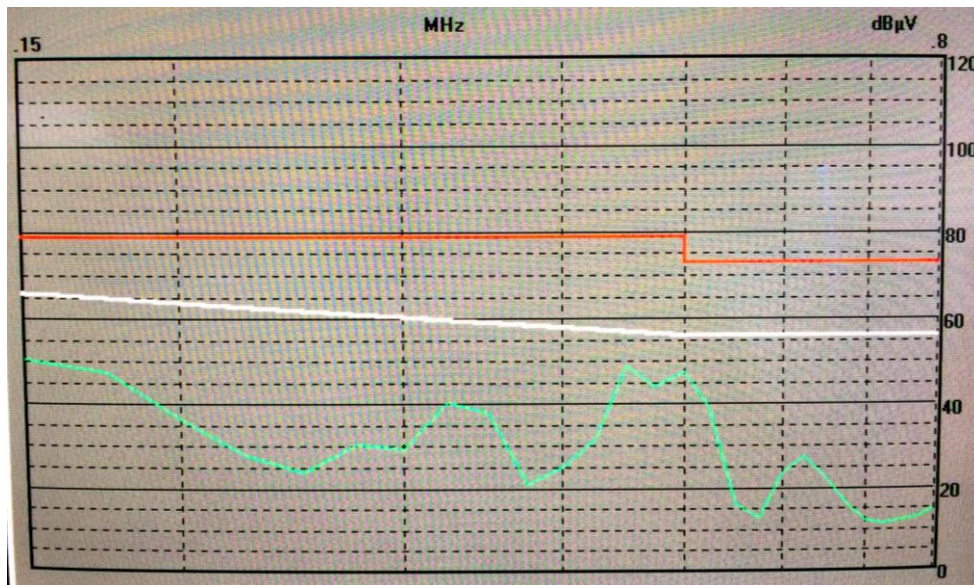
Nachdem der Filter entwickelt und aufgebaut war, wurde erneut der Monitor gemessen, jedoch wurde als Netzkabel die Filterbox verwendet:



Messung: 150 kHz ... 800 kHz, 500 Hz Step, mit Filter

Wie man erkennen kann, erfüllt dieser Filter seinen Zweck sehr gut, im Bereich der vorigen Störung zeigt sich eine Stör-Leistung von ca 20 dB μ V, was einen Abfall von 50 dB μ V gegenüber der Messung ohne Filter entspricht. Der Nachteil dieses Filters ist jedoch, dass seine Bauteile sehr viel Platz benötigen.

Der Übungsleiter gab den Tipp, dass bei diesem Filter einige Bauteile eingespart werden können. Aus diesem Grund wurden aus dem Filter die C_x-Kondensatoren entfernt und die Messung erneut durchgeführt.



Messung: 150 kHz ... 800 kHz, 500 Hz Step, mit Filter (ohne C_X -Kondensatoren)

Diese Messung zeigt, dass auch ohne den C_X -Kondensatoren eine ausreichende Dämpfung bereitsteht, jedoch der gesamte Filter um einiges weniger Platz benötigt. Dies ist bei nachträglichen, durch EMV-Messungen notwendigen Anpassungen entscheidend, da meist nicht viel Platz im Gehäuse für zusätzliche Bauteile ist.

3. Leitungsgebundene Störungsbeeinflussung (VT-100)

3.1 Aufgabenstellung

Ziel ist es, die Auswirkungen von Bursts (= Spannungsspitzen) auf ein Gerät zu untersuchen. Dazu wurde ein VT-100 Terminal als Messobjekt verwendet, welches durch sein Alter sehr störanfällig ist.

3.2 Allgemeines

Die Störungsbeeinflussung kann in 3 Klassen eingeteilt werden:

Klasse A (Consumer)	Funktion gestört, funktioniert jedoch nach einmaligem On/Off wieder
Klasse B	Funktion gestört, funktioniert jedoch nach einmaligem Reset wieder
Klasse C	Funktion darf durch Störungen nicht gestört werden

Das Anwendungsgebiet des Gerätes und die Wichtigkeit der Funktion des Gerätes geben die Klasse der Störungsbeeinflussung vor.

3.3 Burstgenerator

Der verwendete Burstgenerator besitzt 2 Netzanschlüsse. Einer davon wird für den Betrieb des Gerätes und die Ladung des Bursts verwendet, auf den zweiten Netzanschluss wird der Burst übertragen und dieser dient als Netzquelle für das Messobjekt.

Am Messgerät selber kann man wählen, ob der Burst auf die L-Leitung, N-Leitung oder Pe-Leitung übertragen werden soll.

3.4 Burst auf Netzspannung

Das VT-100 Terminal wurde am Burstgenerator angeschlossen und in Betrieb genommen. Anschließend wurde am Terminal der Setup-Modus gewählt, da auf diesem ein Text am Bildschirm angezeigt wird und Eingaben an der Tastatur zu sichtbaren Aktionen führen.

Für die erste Testreihe wurde der Burst auf die P-Leitung übertragen:

Burstspannung [V]	Burstdauer [ms]	Sichtbarer Effekt
790	0,4	<i>Kein Effekt</i>
830	0,74	<i>Kein Effekt</i>
830	5	<i>Kein Effekt</i>
1520	5	<i>Kein Effekt</i>
1740	10	Cursor flackert und läuft einmal über Bild
1740	4,1	Terminal hängt sich auf, Neustart notwendig
1740	4,1 (Wiederholung des letzten Versuches)	<i>Kein Effekt</i>
1740	4,1 (alle 310 ms)	Nach ca. 4 sec: Dauerpiepsen und Fehlfunktion des Terminals -> Neustart notwendig

Man kann erkennen, dass Bursts in dieser Messung ab 1,5 kV zu Fehlverhalten führen. Weiters ist jedoch zu erkennen, dass Bursts nicht vorhersehbar sind und eher willkürlich einen störenden Effekt hervorrufen.

Für eine weitere Messreihe wurde der Burst auf den Pe-Leiter der Versorgung gekoppelt:

Burstspannung [V]	Burstdauer [ms]	Sichtbarer Effekt
1740	4,1	Terminal hängt sich auf, Neustart notwendig
900	4,1	<i>Kein Effekt</i>
1300	4,1 (alle 310 ms)	< 1 sec.: Fehlfunktion des Terminals, Neustart notwendig

Hier ist zu erkennen, dass es auch bei einem Burst auf dem Schutzleiter zu Fehlfunktionen kommt.

3.5 Burst auf Tastaturkabel

Weiters sollte ein Burst auf das Tastaturkabel des VT-100 Terminals gekoppelt werden. Dazu wurde der Burst-Ausgang des Burstgenerators auf eine kapazitive Koppelstrecke (SFT 410) geleitet. In diese Koppelstrecke wurde das Tastaturkabel des VT-100 Terminals eingelegt.

Nach einem Burst von 1700V über 4,1 ms lief der Cursor einmal über den Bildschirm und verschwand anschließend komplett. Zur Verwendung des Terminals war ein Neustart notwendig.

4. Störungsaussendung analysieren

4.1 Aufgabenstellung

Anhand einer Energiesparlampe sollte die EMV-Störaussendungsquelle auf einem Messobjekt / einer Printplatte gesucht werden.

4.2 Allgemeines

Zur Fehlersuche von EMV-Aussendungen können E-Feld und H-Feld Sonden verwendet werden.

Für diese Übung wurde die H-Feld Sonde verwendet, da sie auf Störungen schärfer, also genauer auf Störungen reagiert und dadurch die Störungen besser lokalisieren kann.

4.3 Messung

Eine handelsübliche Energiesparlampe wurde am EMV-Messsystem angeschlossen und gemessen. Dabei wurde eine Störung bei ca. 50 kHz entdeckt.

Anschließend wurde die H-Sonde am Oszilloskop angeschlossen und die Zeitbasis so eingestellt, dass eine Periode bei 50 kHz erkennbar ist. Anschließend wurde die H-Sonde an der Energiesparlampe herumgeführt, bis die Amplitude der Störung am Oszilloskop sichtbar war:



Die Position der H-Sonde entspricht nun der Position der größten Störaussendung am Messobjekt und somit höchstwahrscheinlich der Quelle dieser Störung. Anhand dieser Information können weitere störungsdämpfende Maßnahmen getätigt werden.

5. Elektrostatische Entladungen

5.1 Aufgabenstellung

Zum Schluss der Laborübung wurde die Elektrostatische Entladung (=ESD) besprochen und mit Hilfe einer ESD-Pistole demonstriert.

5.2 Allgemeines

Elektrostatische Entladung ist ein durch große Potentialdifferenz entstehender Funke oder Durchschlag, der an einem elektrischen Gerät einen kurzen, hohen elektrischen Spannungsimpuls bewirkt. Unter ungünstigen Umständen kann dieser Spannungsimpuls im Gerät elektrische Komponenten schädigen bzw. Fehlverhalten aufweisen.

Für den Menschen sind Elektrostatische Entladungen in der Regel erst ab ca. 2000 V wahrnehmbar, jedoch können schon weit geringere Spannungen zu Fehlverhalten führen.

5.3 ESD-Pistole

Zur Generierung von Elektrostatischen Entladungen wurde eine ESD-Pistole verwendet.

Die ESD-Pistole besitzt 2 Spitzen, wobei bei der rundlicheren, stumpfen Spitze die blitzartige Entladung sich selbst den Weg mit dem niedrigsten Widerstand sucht, während die spitze Spitze eine „punktgenaue“ Entladung bietet.

Die ESD-Pistole musste zur Benutzung geerdet werden, damit die Pistole eine Potentialdifferenz aufbauen kann.

5.4 Demonstrierung

Bei der Übung wurde ein kleiner, mobiler Wecker mit einer ESD-Pistole „beschossen“. Zuerst wurde das Display mit elektrostatischen Entladungen beschossen, wodurch das Display kurzzeitig entweder teilweise oder komplett schwarz wurde. Teilweise wurde auch die gesamte Uhrzeit zurückgesetzt.

6. Erkenntnisse

In dieser Übung wurde ein erweitertes Grundwissen an Elektromagnetischer Verträglichkeit und Elektrostatischen Entladungen erlernt. Weiters wurde auf die Wichtigkeit von Elektromagnetischer Verträglichkeit im Alltag verwiesen und gezeigt, mit welchen Tricks man nachträglich elektromagnetische Störaussendungen reduzieren kann.

Ein weiterer Aspekt der Übung war es, die Störungsbeeinflussung an einem Gerät selbst auszutesten und die Effekte dieser zu beobachten.

Abschließend wurde auch noch die Störung durch Elektrostatische Entladung besprochen und mittels ESD-Pistole demonstriert.