

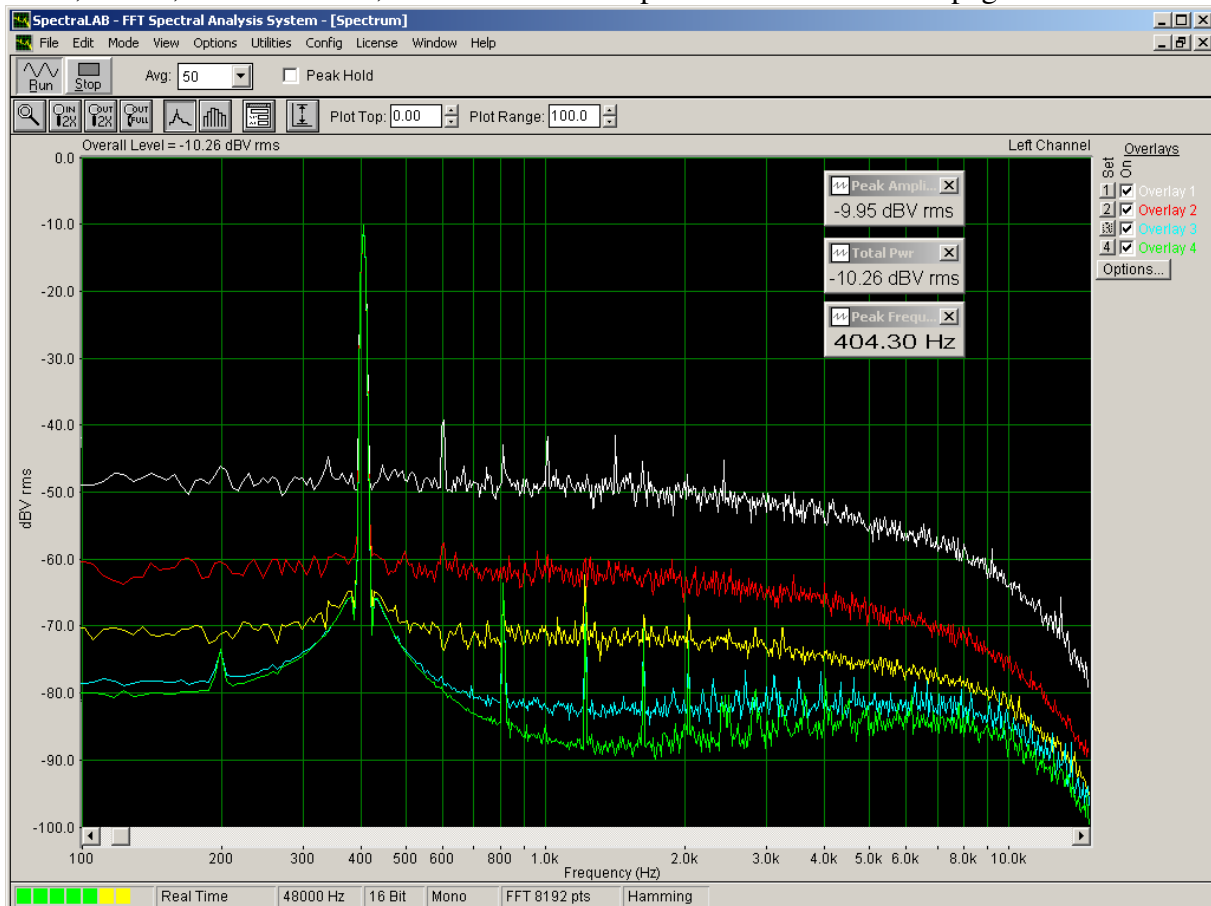
Spezifikationsmessung UBS1 stand: 29.01.13

Für alle Spektrogramme gilt folgende FFT- Parametrierung:

sampling size M=8192, sampling frequency=48kHz, Fensterung Hamming, Res=5,86Hz dezimation ratio=1, average=50, Rauschfloorabsenkung $G=10 \log M/2 = 36\text{dB}$ bezüglich breitbandigem Rauschpegel bei einer Samplinggleich Messbandbreite von exakt 24kHz.

1.) Empfindlichkeits- und Klirrfaktormessung

FM- Messung Mono mit 50 Ohm- Generator direkt in Antenneneingang, $f = 99,0 \text{ MHz}$, $f_{\text{mod}} = 400\text{Hz}$, Hub = 40KHz entspricht 6dBu Studionormpegel



weiß: 1 μ V; rot: 1,5 μ V; gelb: 1,8 μ V; blau: 2 μ V; grün: 3 μ V

SNR @ 1 μ V = 39dB-36dB+4dB = 7dB
SNR @ 1,5 μ V = 52dB-36dB+4dB = 20dB
SNR @ 1,8 μ V = 62dB-36dB+4dB = 30dB
SNR @ 2 μ V = 73dB-36dB+4dB = 41dB
SNR @ 3 μ V = 78dB-36dB+4dB = 46dB

Kleinster Abstand der Harmonischen:
-5 2dB, entspricht Klirrfaktor ca. 0,3%

Verbesserung SNR um ca. +4 dB wegen
kleinerer Rauschkurvenbandbreite als
Samplingbandbreite

Folgende (S+N/N) Audiofremdspannungsabstände (breitbandig 10Hz bis 15kHz, unbewertet), ebenfalls bezüglich 40 kHz Hub, wurden mit 15 kHz Tiefpassfilter und MV21 gemessen:

1,5µV: 37dB

1,8µV : 40dB

2µV: 42dB

3µV: 46,5dB

10µV: 53dB

100µV: 65dB

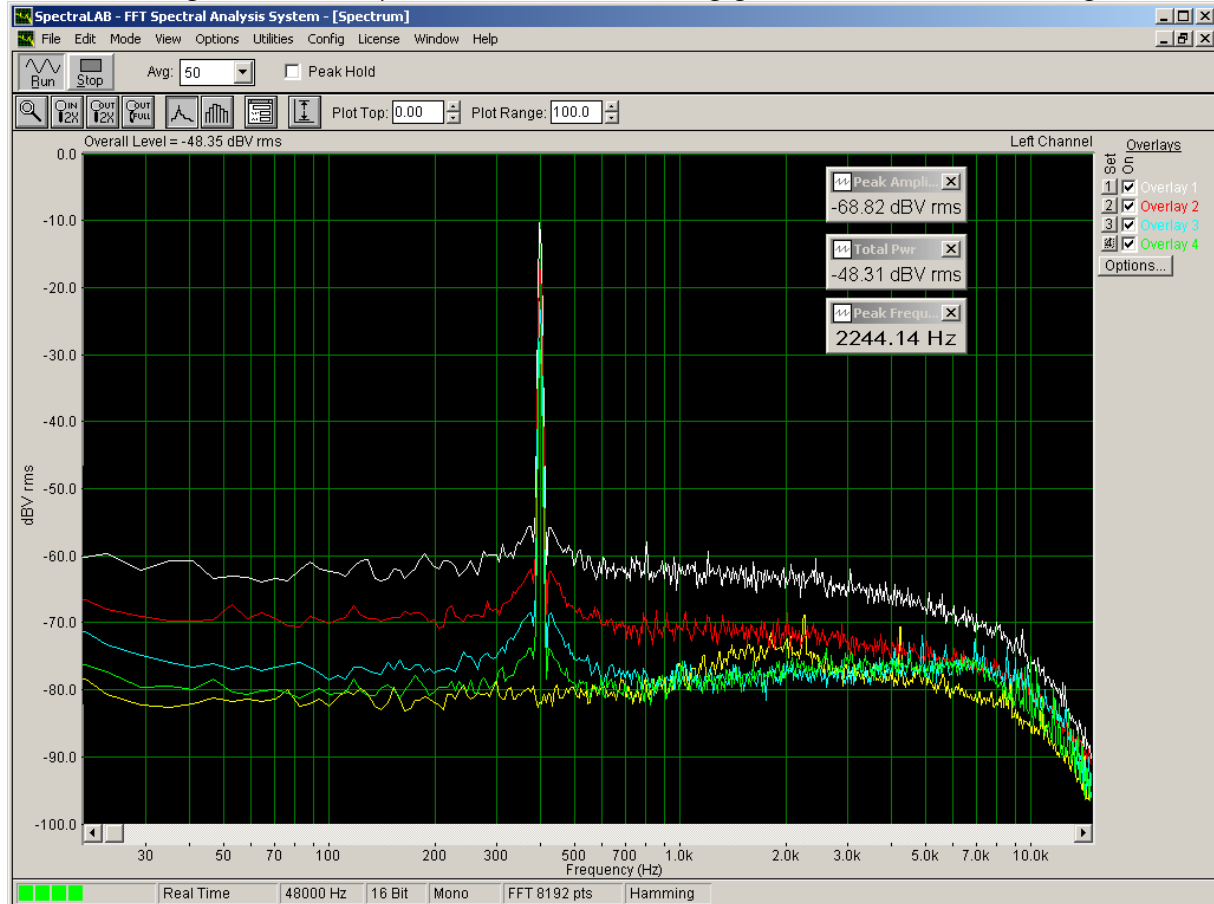
Messwert als Audiopegeldifferenz zwischen
Hub= 40kHz und Hub aus (0kHz)

Diese ungewöhnlich ausgezeichneten Fremdspannungsabstände korrespondieren teilweise, insbesondere bei niedrigen RF- Pegeln weder mit der Signaltheorie noch mit den ermittelten SNR- Werten aus dem Audiospektrum. Ich habe lange nach Messfehlern gesucht, aber keine gefunden.

Das folgende Spektrogramm, welches verschiedenen Hub bei konstantem RF- Eingangspegel von 1,8µV abbildet, und bei dem der 400Hz Audiotonpegel für verschiedene Hube nicht normiert wurde (also mit abnehmenden Hub proportional sinkt), zwingt zur einzig möglichen Erklärung:

Der Chip veranstaltet offensichtlich hubadaptive RF- Filterbandbreitenregelung! Das heißt, er muss hubabhängig an Filterkoeffizienten drehen. Eine wirklich innovative Technologie. Diese RF- Bandbreitenadaption bewirkt in Modulationspausen oder bei Piano- Stellen deutlich besseres SNR- und größeren Fremdspannungsabstand als von herkömmlichen Empfängerkonzepten gewohnt. Bei Forte- Stellen hingegen ist das SNR und der Fremdspannungsabstand wie üblich, was aber akustisch durch Überdeckungseffekte dort nicht so auffällt.

FM – Messung Mono, @ 1,8 μ V; 99,0 MHz hubabhängige Rauschfloorverschiebung

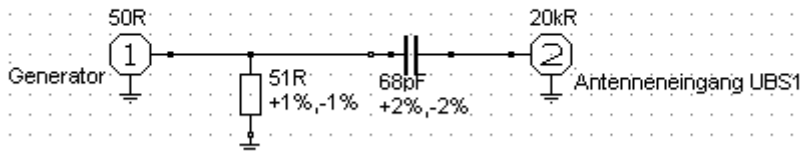


weiß: 40 KHz ; rot : 20KHz; blau: 10KHz; grün: 5KHz; gelb: 0KHz Hub.

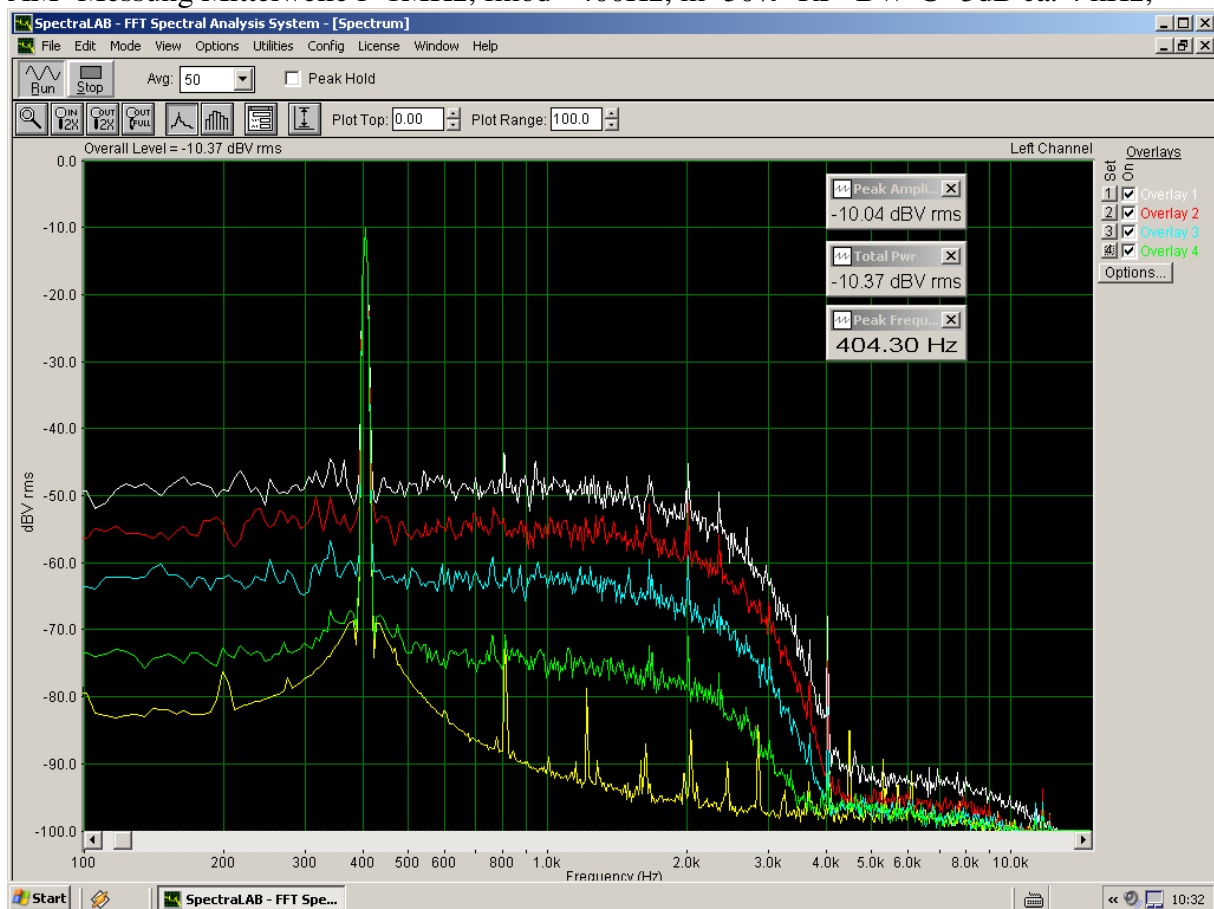
Die Rauschfloorabsenkung bei geringen RF- Pegeln und Hubreduzierung von 40 KHz auf 0 KHz erreicht im Mittel ca. -10dB (gelbe Kurve zur weißen)! Berücksichtigt man diesen SNR- Gewinn, und schlägt diesen auf das Noise bei der (S+N/N)- Messung auf, korrespondiert dann dieser reale (S+N/N) Wert für 40 kHz Hub von 40dB -10dB =30 dB auch gut mit dem aus dem Spektrogramm bei 40 kHz Hub abgeleiteten SNR- Wert von 30dB.

Für die folgenden AM- Messungen wurde untenstehende Autoradio- Ersatzantennenschaltung zwischen 50 Ohm- Generator und UBS1 verwendet, Pegelangaben beziehen sich auf den Generatorpegel. Der wirksame Pegel am Antenneneingang ist dabei durch kapazitive Spannungsteilung bandabhängig etwas geringer als der Generatorpegel.

Ersatzantennenschaltung für AM- Messung



AM- Messung Mittelwelle $f=1\text{MHz}$; $f_{\text{mod}}= 400\text{Hz}$; $m=30\%$ RF- BW @ -3dB ca. 4 kHz;



weiß: $10\mu\text{V}$; rot: $20\mu\text{V}$; blau: $50\mu\text{V}$; grün: $200\mu\text{V}$; gelb: 10mV

SNR @ $10\mu\text{V}$ = $39\text{dB}-36\text{dB}+13\text{dB} = 16\text{dB}$
 SNR @ $20\mu\text{V}$ = $45\text{dB}-36\text{dB}+13\text{dB} = 22\text{dB}$
 SNR @ $50\mu\text{V}$ = $53\text{dB}-36\text{dB}+13\text{dB} = 30\text{dB}$
 SNR @ $200\mu\text{V}$ = $65\text{dB}-36\text{dB}+13\text{dB} = 42\text{dB}$
 SNR @ 10mV = $82\text{dB}-36\text{dB}+13\text{dB} = 60\text{dB}$

Kleinster Abstand der Harmonischen:
 -62dB , entspricht Klirrfaktor ca. 0,08%

Verbesserung des SNR um ca. 13dB
 wegen deutlich kleinerer Rausch-
 kurvenbandbreite als Sampling- BW!

Folgende (S+N/N) Audio- Fremdspannungsabstände (breitbandig 10Hz bis 15kHz, unbewertet, ebenfalls bezüglich $m=30\%$), wurden mit 15 kHz Tiefpassfilter und MV21 gemessen:

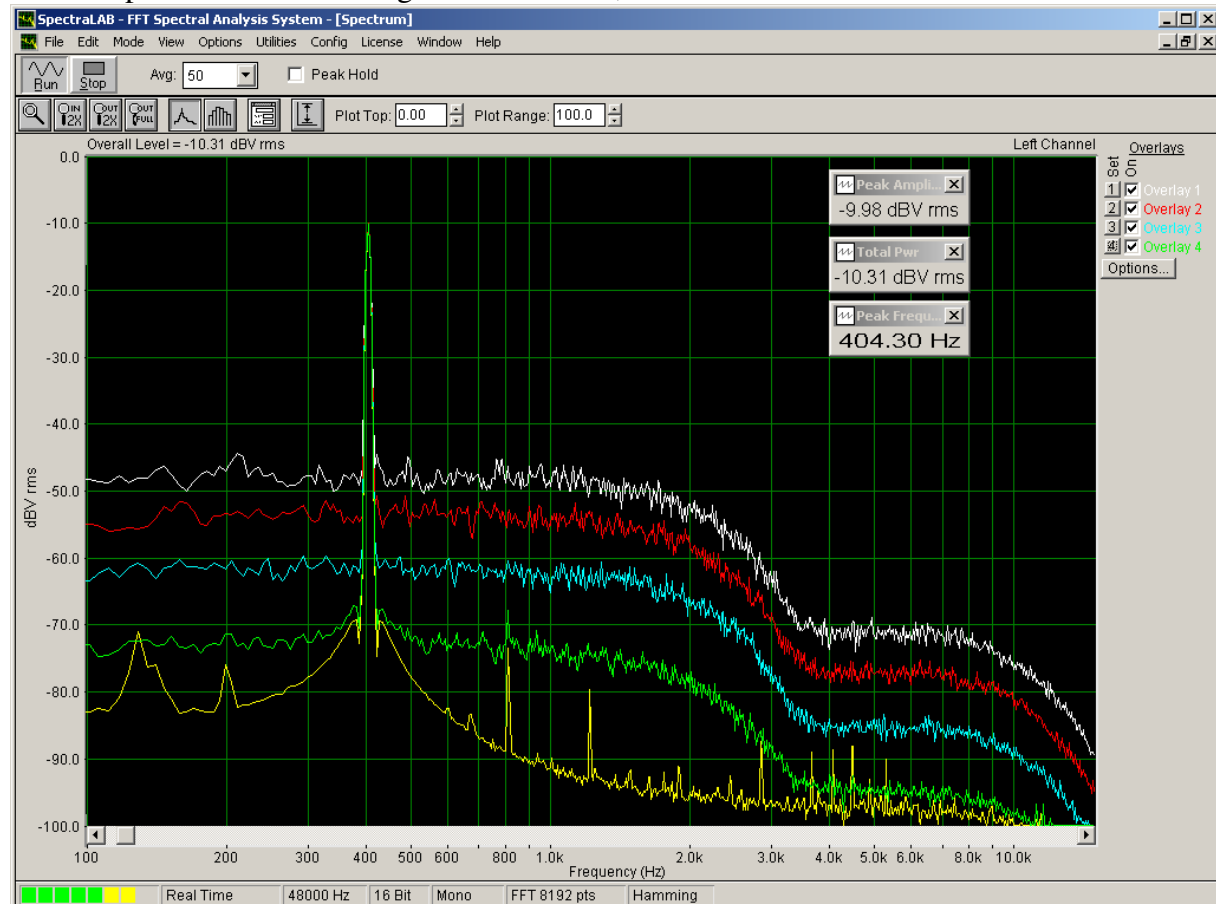
10 μ V: 15,5dB
 20 μ V : 22dB
 32 μ V: 26dB
 50 μ V: 29,5dB
 200 μ V: 42dB
 10mV:61dB

Messwert als Audiopegeldifferenz zwischen $m=30\%$ und ohne Modulation ($m = 0\%$)

Diese Messwerte korrespondieren gut mit den SNR- Werten!

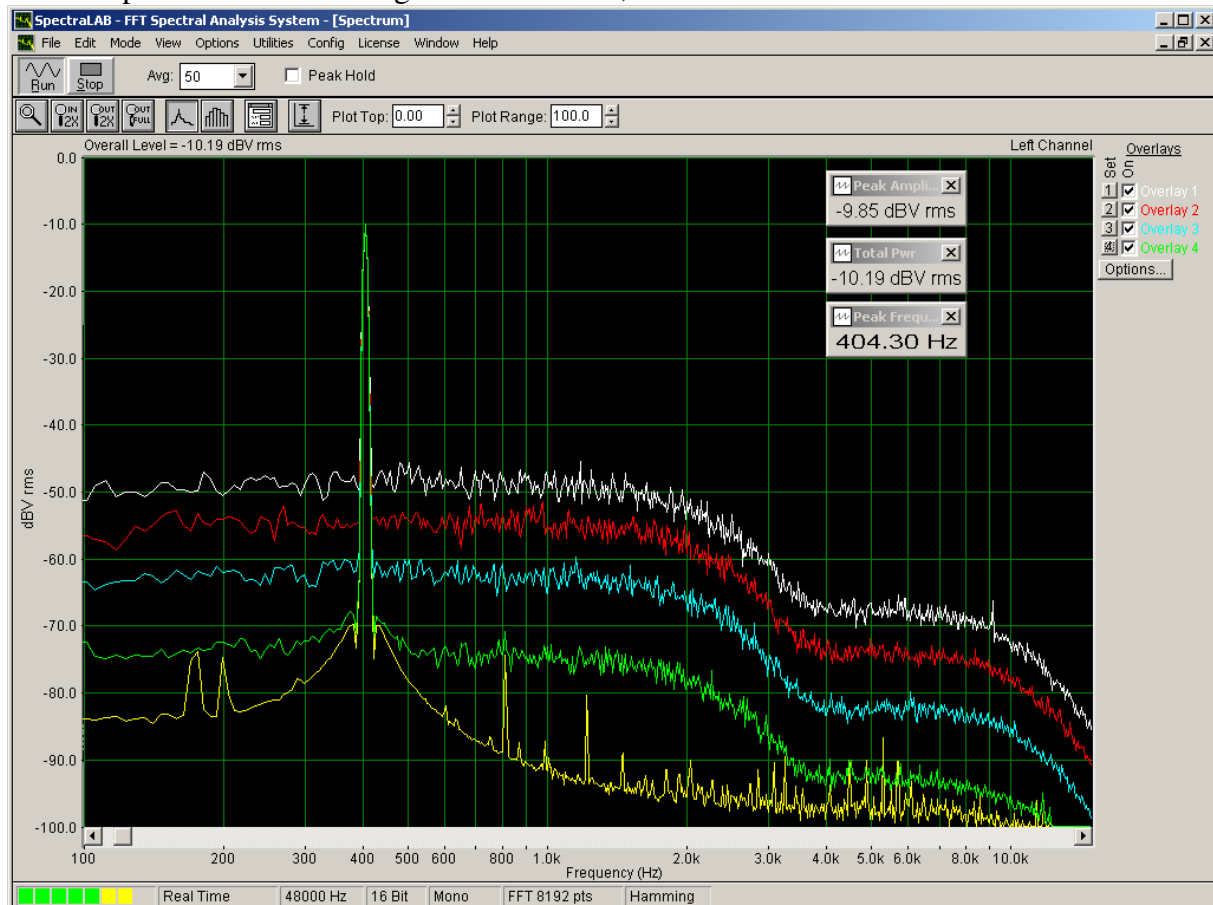
Die AM- Kurzwellenmesswerte für SNR, Fremdspannungsabstand und Klirrfaktor unterscheiden sich auf allen Kurzwellenbändern bei gleichen Messbedingungen (RF- Pegel und Modulationsgrad) nicht signifikant von den Mittelwellenmesswerten. Hier folgen daher nur stellvertretend die Spektrogramme für das 49m- Band und das 16m- Band ohne weitere Auswertung:

AM- Empfindlichkeitsmessung Kurzwelle $f= 6,0$ MHz



weiß:10 μ V; rot:20 μ V; blau:50 μ V; grün:200 μ V; gelb:10mV

AM- Empfindlichkeitsmessung Kurzweile $f=17,5$ MHz

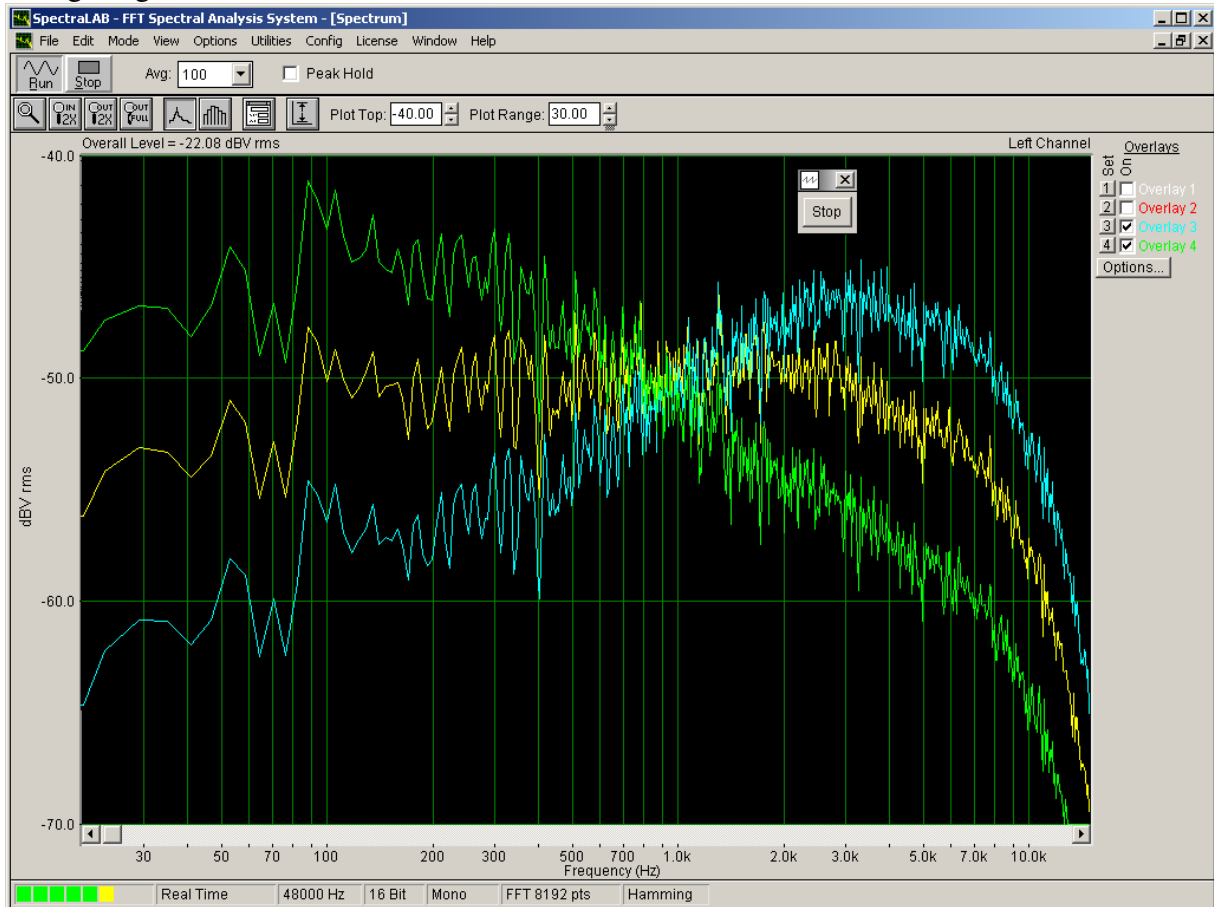


weiß: 10 μ V; rot: 20 μ V; blau: 50 μ V; grün: 200 μ V; gelb: 10mV

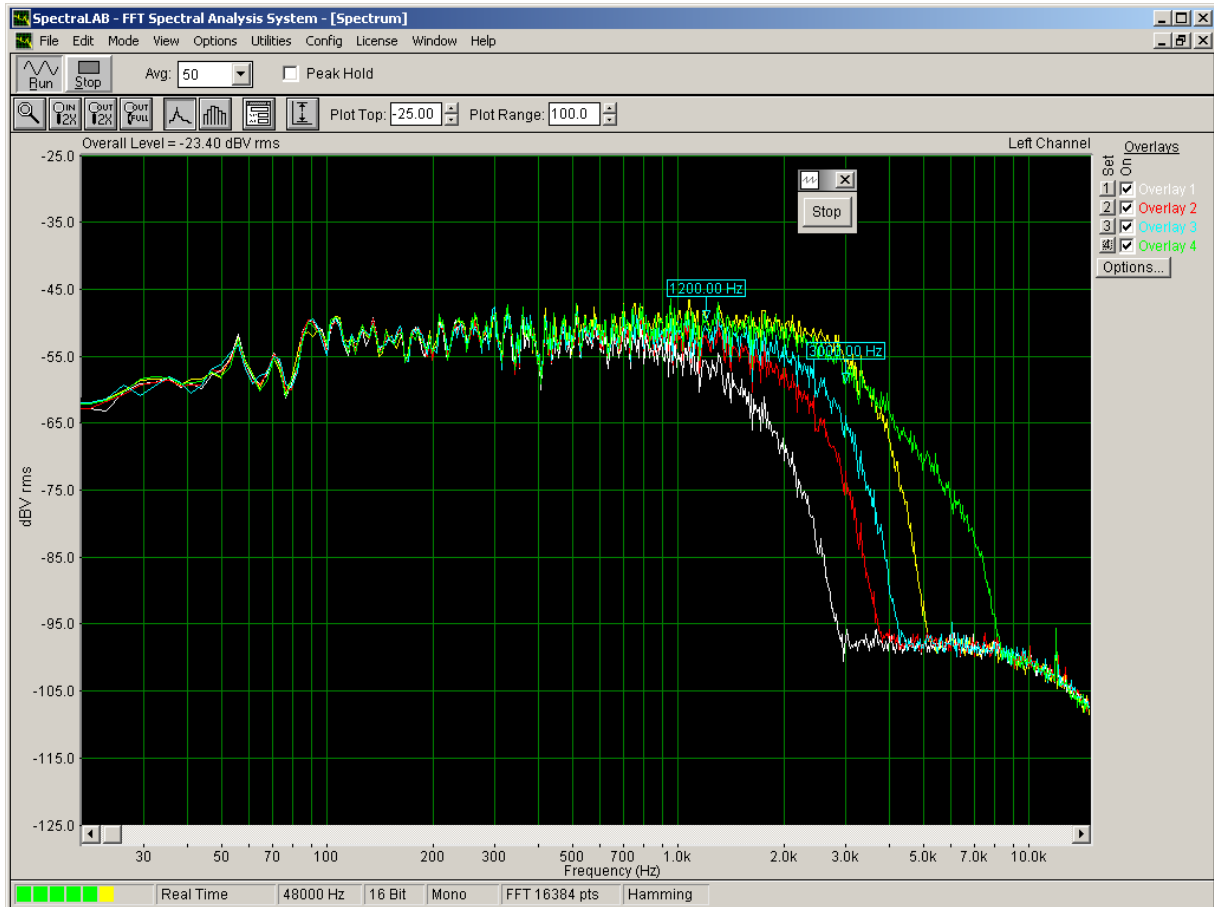
2.) Kombinierte Klangwaage und Bandbreitenregelung

Am 6 poligen Pfostensteckverbinder kann bei Bedarf eine kombinierte Klang- und Bandbreitenregelung angeschlossen werden. Bei FM wird damit ein Audio-Klangwaagenfilter mit maximal 9 Stufen parametrisiert, bei AM wird hingegen eine echte RF-Filterbandbreitenparametrierung in maximal 7 Stufen von ca. 2,4kHz bis ca. 11kHz vorgenommen. Dazu müssen die Steuerpins entweder wie in AN555 beschrieben mit Push Buttons oder für eine nur 3-stufige Parametrierung mit einem Schiebeschalter beschaltet werden. Für alle Messungen unter 1.) wurden die beiden Steuerpins nach Masse gejumpert, was bei FM einen linearen Frequenzgang sowie bei AM eine RF- Bandbreite von ca. 4 kHz (Audiobandbreite 2kHz) bewirkt. Es folgen die Regelplots für FM und AM, aufgenommen durch Modulation des Messsenders mit weißem Rauschen. Der Übersicht halber wurden von den 9 Stufen der Klangwaage bei FM nur die Stufe 1, 5 und 9 aufgenommen. Auch wurde keine Senderpreemphasis benutzt, die Spiegelkurve zur sichtbaren 50 μ S- Empfängerdeemphasis (6dB/Oktave) ist daher gedanklich in Abzug zu bringen. Bemerkenswert ist die ungewohnt gute AM – Audioqualität in der Bandbreitenstellung 7, der Audiofrequenzgang reicht dort bis 5,5 kHz! Warum bei der Bandbreitenregelung auf AM die Stufe 4 mit der Flankensteilheit aus dem Rahmen fällt, ist mir unklar. Möglicherweise liegt hier ein Firmwarebug bezüglich der Filterkoeffizienten für diese Stufe vor?

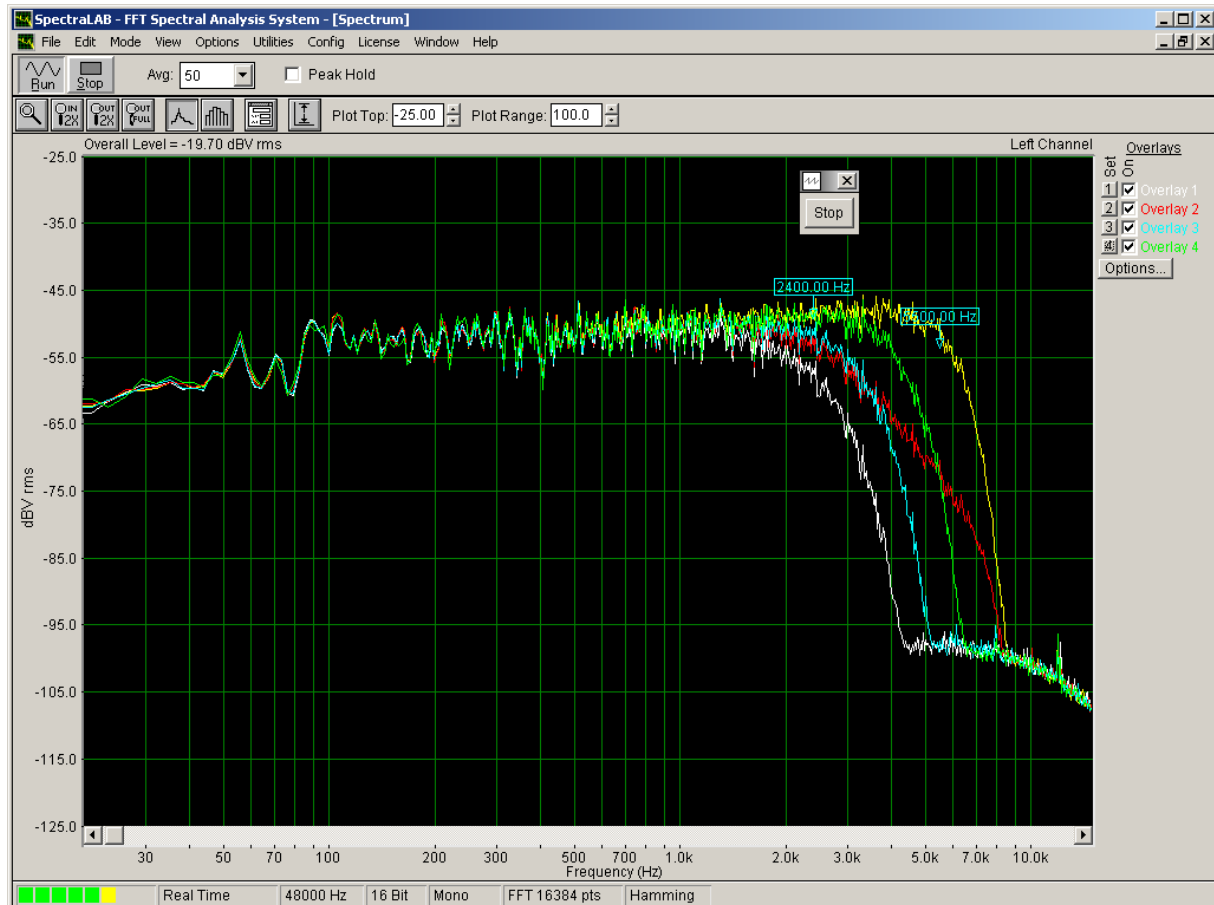
Klangwaage bei FM Stufe 1, 5 und 9



Bandbreitenstufen bei AM Stufe 1 bis 5



Bandbreitenstufen bei AM Stufe 3 bis 7

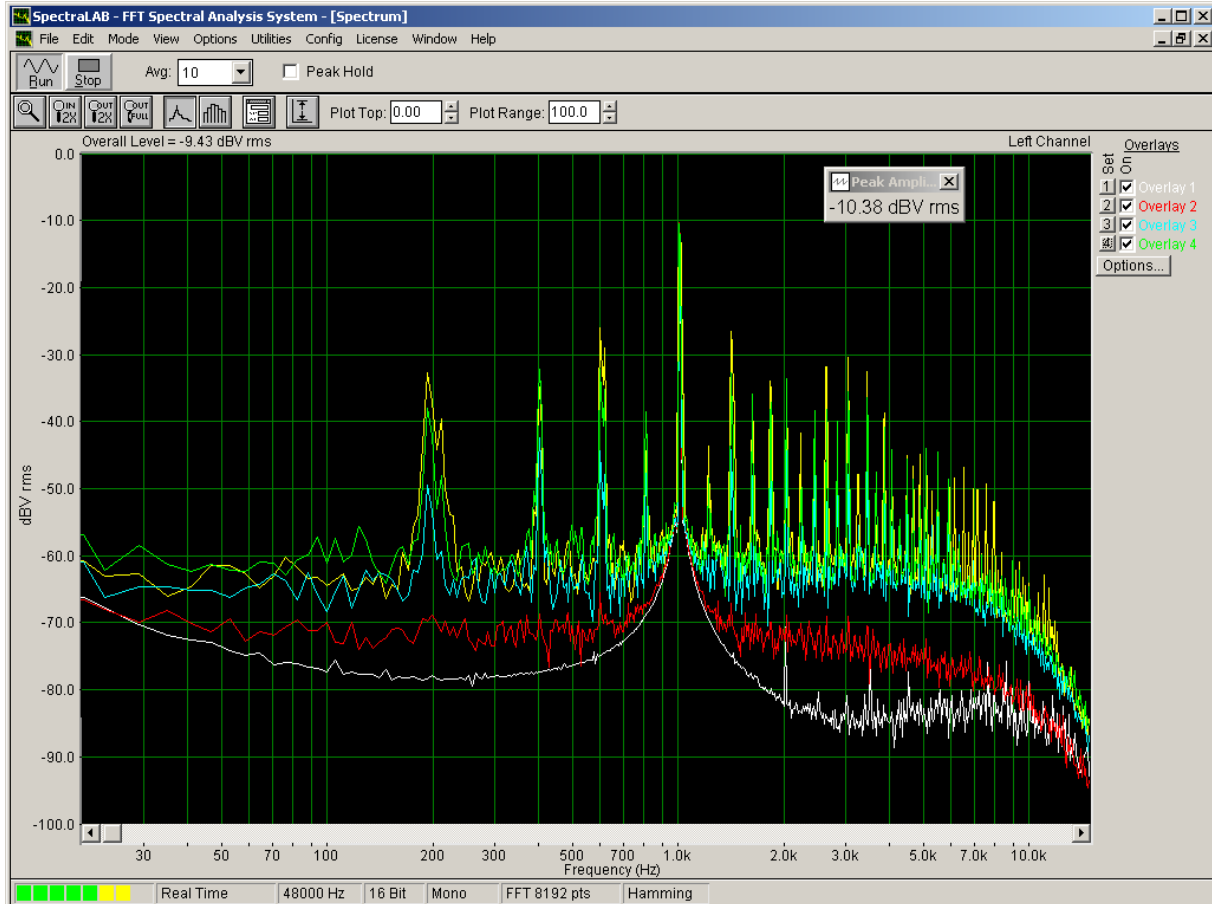


3.) Selektionsmessung

Das Selektionsverhalten ist völlig anders als das analoger Empfängerkonzepte.

Die Messung der FM – Selektion wurde wie folgt durchgeführt: Nutzsinal 99,0 MHz 10 μ V am Antenneneingang des UBS1, 1kHz Audio, 40kHz Hub. Störsignal 99,2 oder 99,4 MHz, 400 Hz Audio, Hub 75 kHz, Pegel variabel. Beide über resistiven Zweifachverteiler mit 15dB Dämpfung und 30dB Messsender Entkopplung zusammenaddiert.

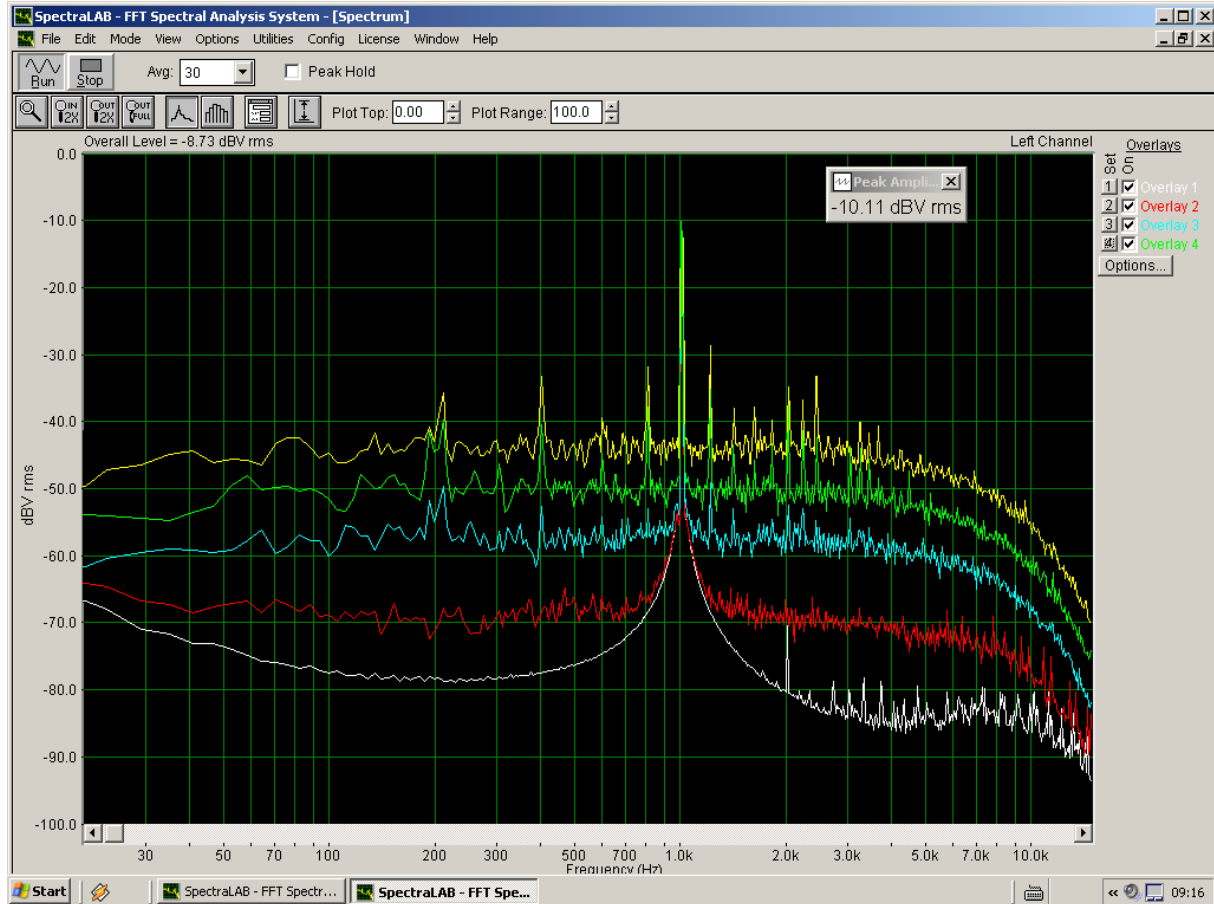
FM- Selektion +200kHz



weiß: ohne Störer, rot:RF- Störsignalpegel/Nutsignalpegel=43dB blau:=45dB, grün=47dB, gelb=50dB

Kein kontinuierlicher Übergang des Audio S/N, genau an der Schwelle RF- S/N=45dB kommen schlagartig Audioartefakte hoch. Diese Selektion von 45dB ist 5dB schlechter als der Datenblattwert. Grund: Die Datenblattwerte wurden sicher mit geringerem Störhub (22,5kHz?) verifiziert. Eine Störhubverminderung bewirkt ein Ansteigen der Selektionsschwelle auf den Datenblattwert von 50dB.

FM- Selektion +400kHz:



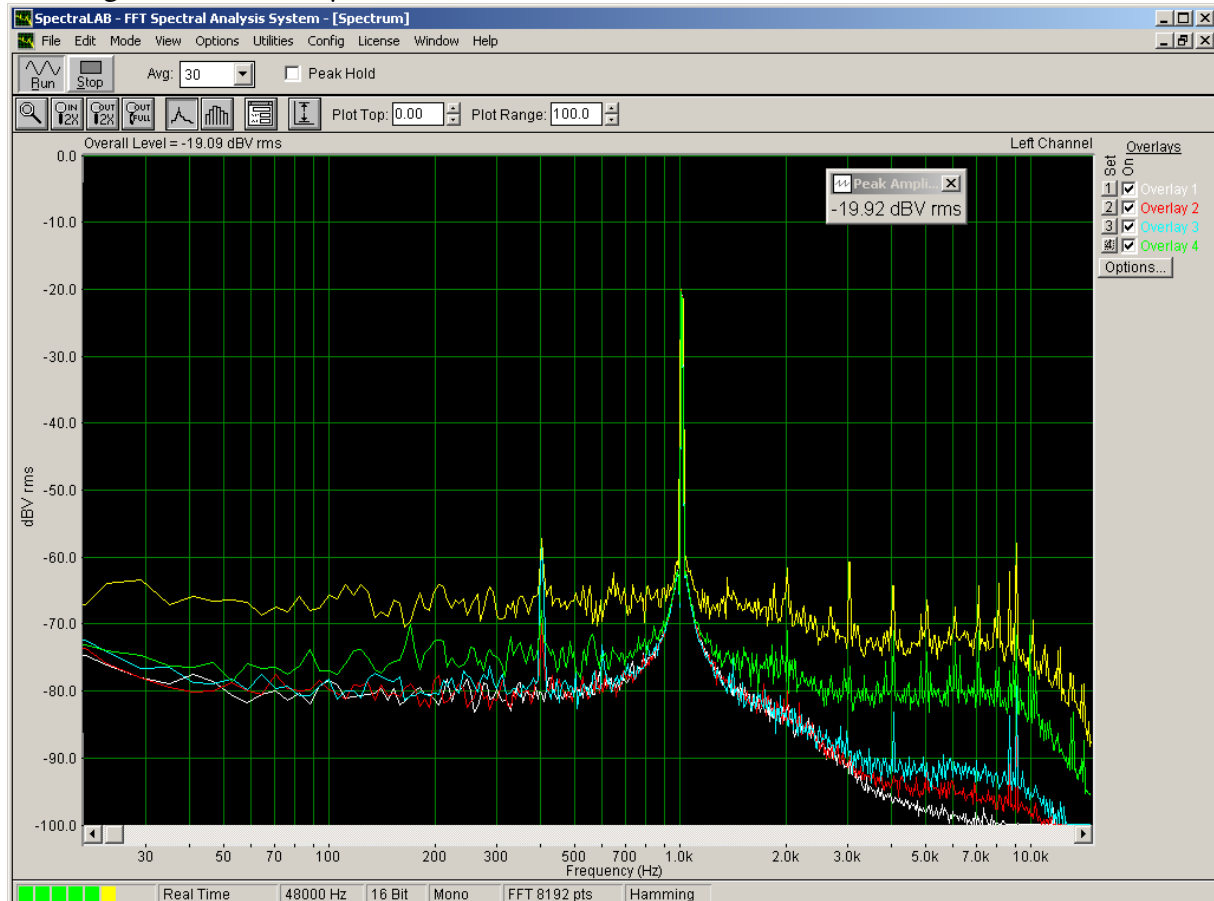
weiß: ohne Störer, rot: RF-Störsignalpegel/Nutzsignalpegel=60dB, blau:=65dB, grün=68,5dB, gelb:=70dB

Hier ist die Selektionsschwelle, an der überhaupt etwas passiert, 60dB. Beim Datenblattwert von 65dB sind die Spitzen der Audioartefakte noch 40dB unter dem Messton vom Nutzsignal, erstaunlicherweise ist die Störmodulation dort noch kleiner als die Artefakte. Auch hier bewirkt eine Hubverminderung ein Ansteigen der Störschwelle auf den Datenblattwert.

Bei beiden FM- Selektionsmessungen wurde bei Störsignal zu Nutzsignalabständen größer als der Datenblatt- Selektionswert eine Blocking- ähnliche Reduzierung der Audio-Nutzsignalamplitude festgestellt, die gesamt- Audioamplitude wurde dann immer nachgezogen (normiert), um den Audiostörabstand richtig darzustellen.

Die AM- Mittelwellenselektionsmessungen wurde wie folgt durchgeführt: Messaufbau wie bei der FM- Messung siehe oben, zusätzlich wurde zwischen resistivem Zweifachverteiler und dem UBS1 die AM- Antennennachbildung eingefügt. Nutzsignal 1,0MHz, 200µV am Eingang der Antennennachbildung, 1kHz Audio, 30% Modulationsgrad. Störsignal 1,009 MHz, 400 Hz Audio, 30% Modulationsgrad Pegel variabel.

AM Mittelwelle Nachbarkanalselektion +9kHz , AM- Filterbandbreite 4kHz, Nutzträger 1,0 MHz, 200µV

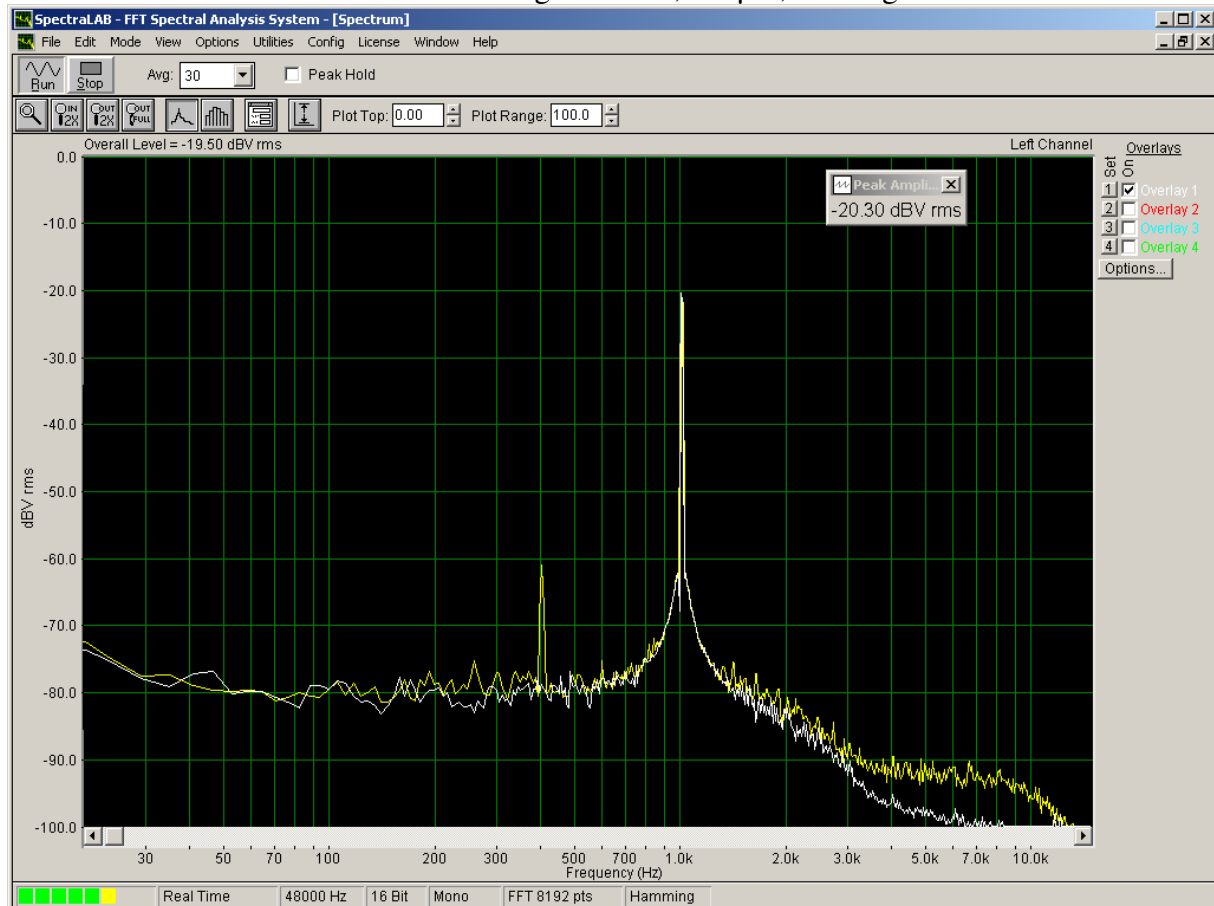


weiß: ohne Störer, rot: RF-Störsignalpegel/Nutzsignalpegel=20dB, blau:=27dB, grün:=34dB, gelb:=49dB

Ab 20dB RF- Nutzsignalträger zu Störsignalträger ist überhaupt ein Durchschlagen der Störmodulation feststellbar. Der Abstand zum Nutzsignal- Audioton beträgt dort noch beachtliche 52dB. Ab 22dB Trägerabstand aufwärts werden durch eine Verstärkungsregelung die Artefakte und die Störmodulation in einem ziemlich konstanten Abstand von ca. 40dB zum Nutzsignalton gehalten, dieser wird dabei im Pegel ähnlich einem Blockingeffekt reduziert. Diese Audiopegelabnahme habe ich korrigiert (normiert), um die Audiostörpegelabstände im Spektrogramm zu zeigen. Im Prinzip kann man eine Nachbarkanalselektion von beachtlichen 49 dB für einen Durchschlag der Störmodulation von -38dB erkennen, allerdings bilden sich dann schon Artefakte, die ebenfalls -38dB unter dem Nutzsignalton erreichen. Auch steigt der Rauschfloor durch die Signalabschwächung im Verhältnis zum Nutzton an.

Mit Ausnahme weniger weiter unten beschriebenen Nebenempfangsstellen wird die Selektion überall weiter ab als im Nachbarkanal immer besser und erreicht bei knapp 470kHz Abstand beachtliche 63dB für Durchschlag der Störmodulation von nur -40 dB. Das wird bewirkt durch die Zusatzselektion des automatisch abgestimmten Vorkreises (oder alternativ der Ferritantenne).

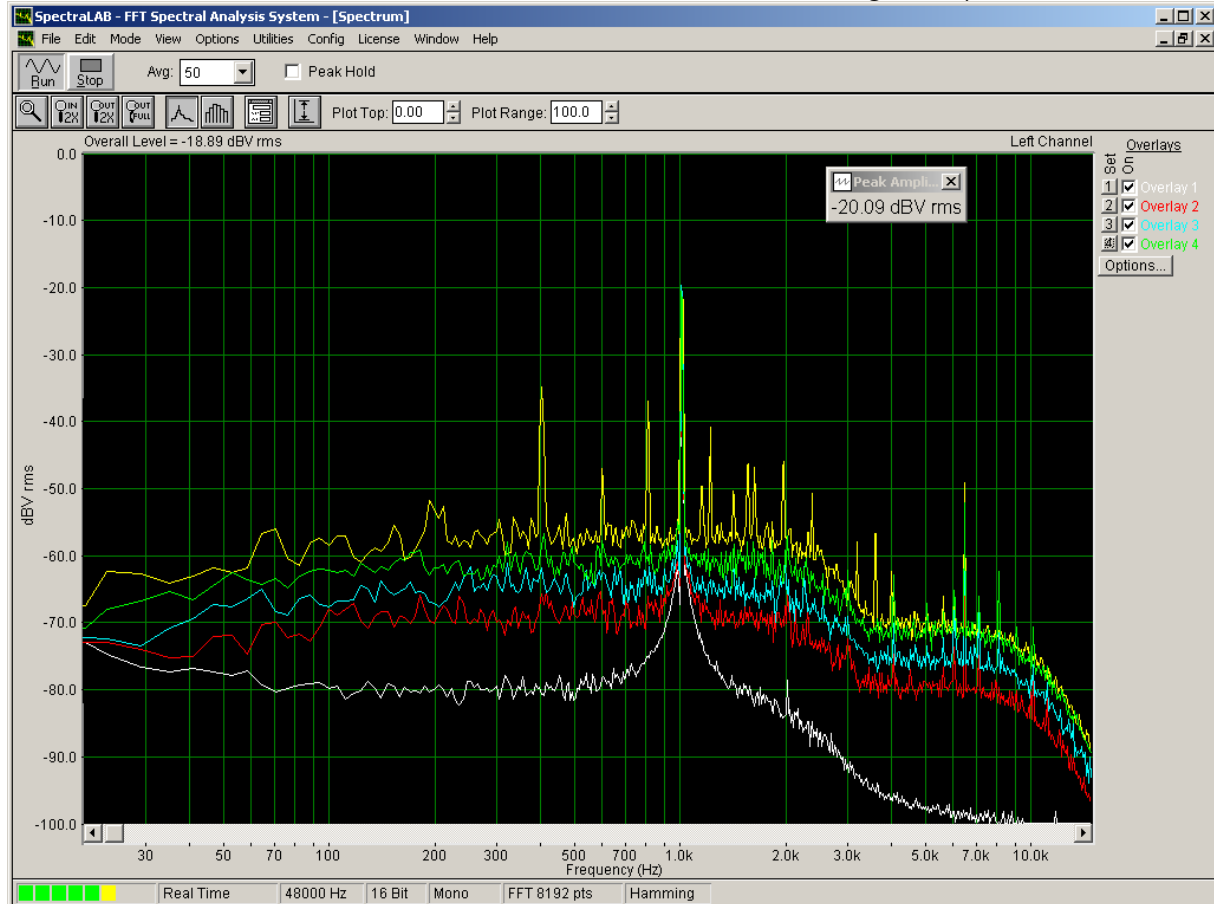
AM Mittelwelle Weitabselektion Nutzträger 1 MHz, 200µV, Störträger 530kHz



weiß: ohne Störträger, gelb: RF-Störsignalpegel/Nutzsignalpegel=63dB

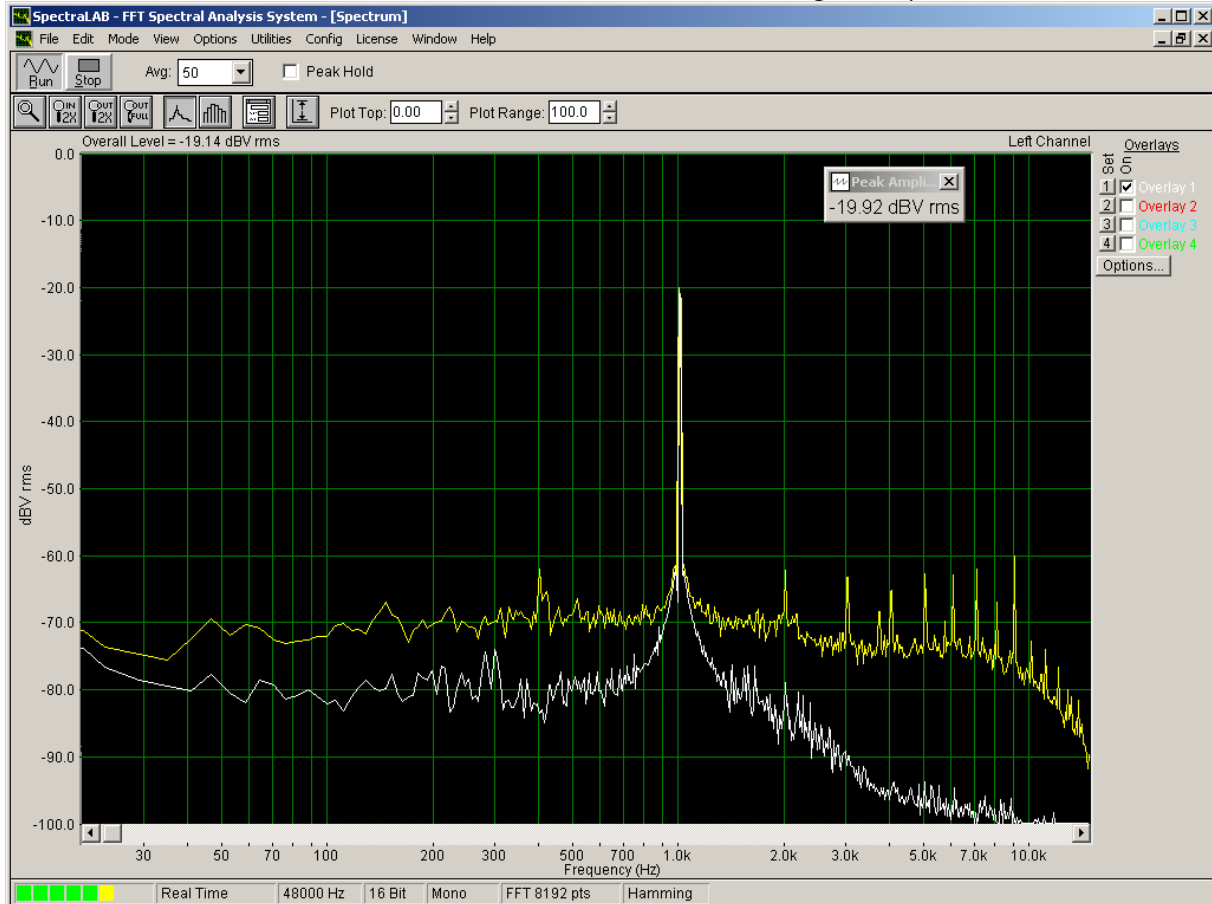
Die AM- Kurzwellenselektionsmessungen wurde wie folgt durchgeführt: Messaufbau und Nutzsignalpegel wie bei der AM- Mittelwellenmessung. Dabei wurde auf allen Kurzwellenbändern kein signifikanter Unterschied der Messwerte festgestellt. Stellvertretend hier die Messergebnisse für das 49m- Band: Nutzträger 5,90 MHz, Störträger Nachbarkanal 5,906 MHz, Störträger weitab 6,4 MHz. Obwohl auf Kurzwelle das Kanalraster 5 kHz beträgt, konnten diese 5kHz Abstand nicht als Nachbarkanal für die Selektionsmessung verwendet werden. Bei signifikant größerem Störträger als der Nutzträger zog eine Art AFC die Empfangsfrequenz auf den Störträger. Ab 6kHz Störträgerabstand war das nicht mehr der Fall.

KW Nachbarkanalselektion +6kHz, Filterbandbreite 4kHz, Nutzträger 200 μ V



weiß: ohne Störer, rot: RF-Störsignalpegel/Nutzsignalpegel=46dB, blau=49dB, grün=53dB, gelb=56dB. Bis 50dB Trägerabstand schlägt die Störmodulation nicht durch!

KW Weitabselektion +500kHz Filterbandbreite 4kHz, Nutzträger 200µV



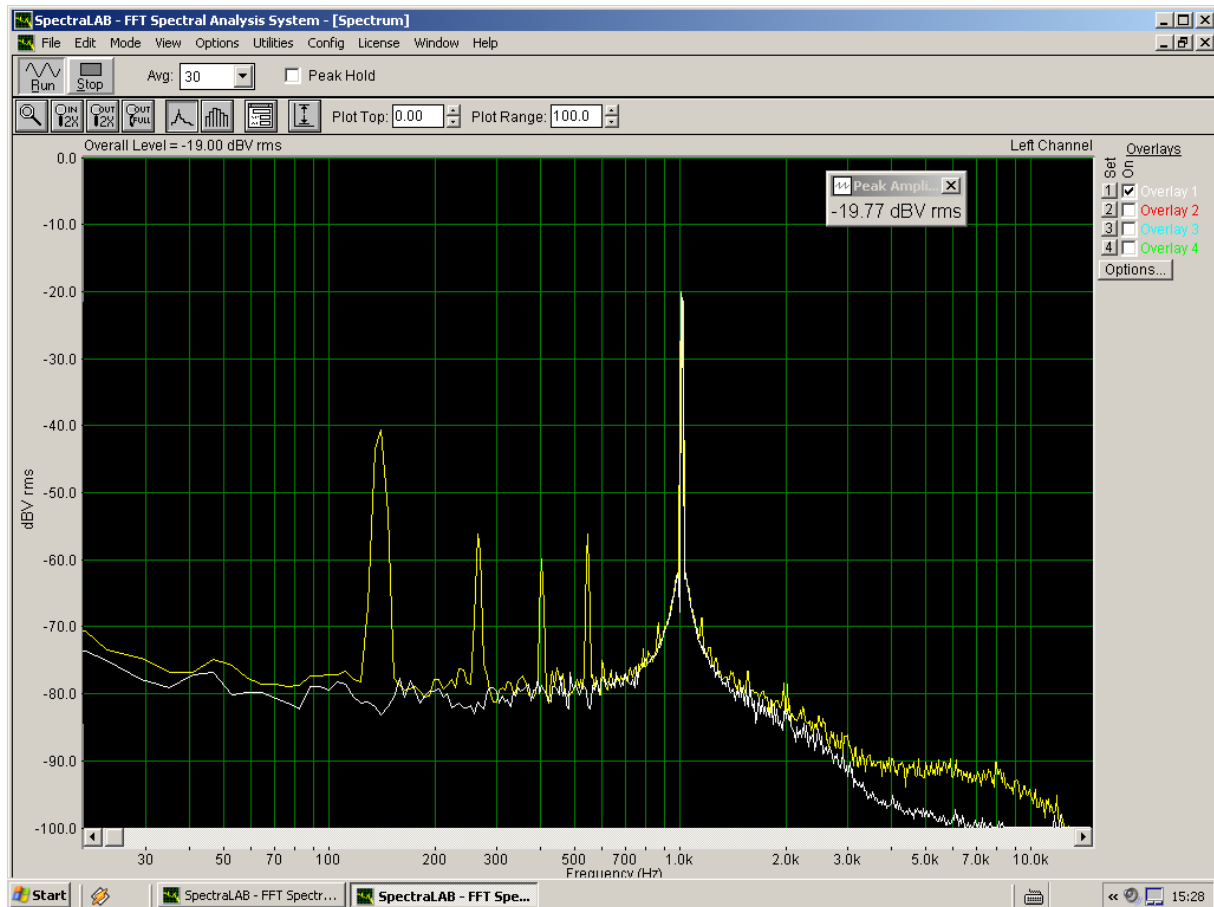
Weiß: ohne Störträger, gelb: RF-Störsignalpegel/Nutzsignalpegel=56dB

Im gesamten Kurzwellenbereich tritt die Verstärkungsabnahme fast frequenzunabhängig konstant bei einem RF-Störsignalpegel/Nutzsignalpegel zwischen 45dB und 49dB ein.

Wo Licht ist, ist auch Schatten. Ich habe sorgfältig nach Nebenempfangsstellen gesucht und auch solche gefunden, wenn auch keine drastischen. Auf Kurzwelle gibt es einige schwache Schwebungsdurchläufe bei verschiedenen Störträgerfrequenzen. Die stärksten habe ich als einzige auf Mittelwelle gefunden und dokumentiert. Und zwar im Bereich um 1 MHz. Der Bildungsalgorithmus ist mir ohne Kenntnis der internen DSP- Struktur unkenntlich. Die von mir gefundenen Nebenempfangs- Schwebungston- Signaldurchläufe zeigt nachfolgende Tabelle. Die Schwebungslücken fielen bei untenstehenden Kombinationsfrequenzen von Nutzsignalfrequenz zu Störsignalfrequenz auf der gelisteten Störfrequenz gleichzeitig auf 0Hz im Spektrum und genau auf den Audio- Störton (irgendeine DC- Lücke bei der Abtastung oder der digitalen down – conversion).

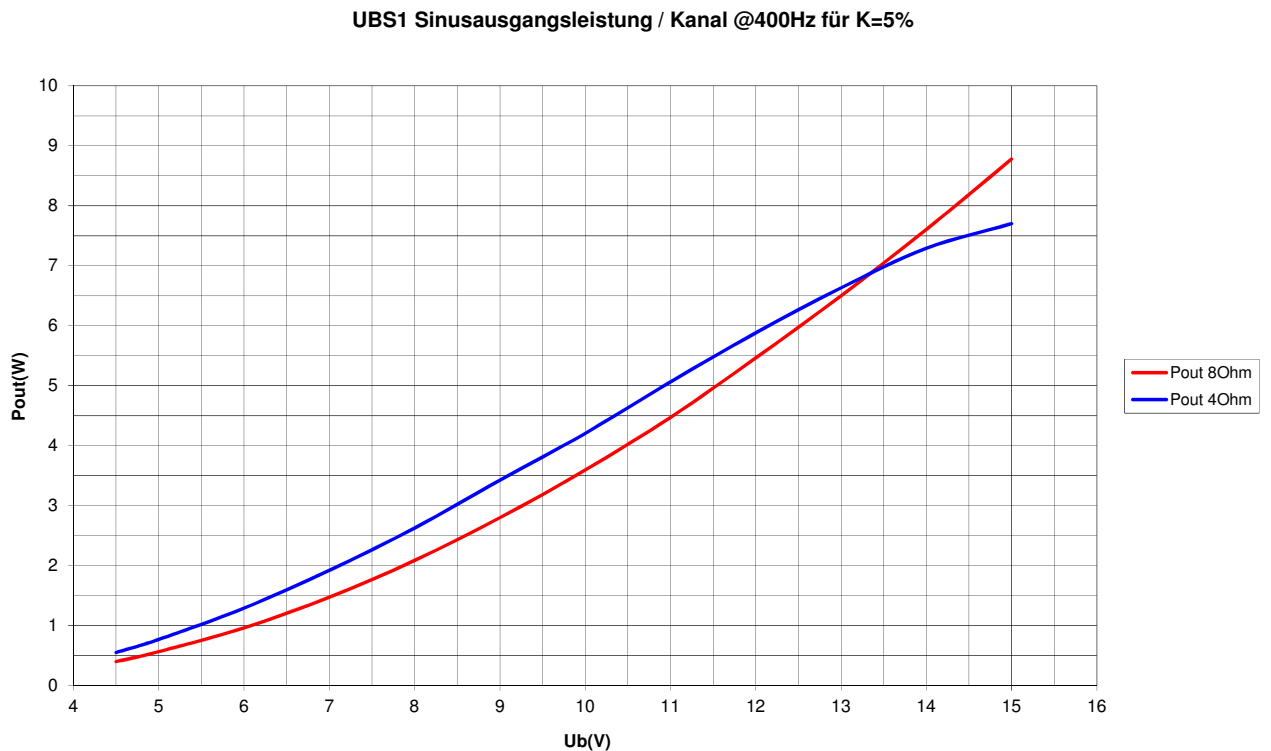
Nutzträger (MHz)	Störträger (MHz)
0,9	0,990
1,0	1,090
1,1	? möglicherweise Deckung mit 1,1 MHz?
1,2	1,1095

Stellvertretend hier die kräftigste Nebenempfangsstelle auf Mittelwelle: Nutzträger bei 1,0 MHz, 200µV, Störträger 1,09015 MHz, genau bei 1,090 MHz wandert der Schwebungston von 150 Hz auf DC (0Hz), genauso wie die spiegelbildlich zum Störmodulationston von 400Hz liegenden Schwebungstöne genau auf den Störmodulationston zulaufen und verschwinden.



weiß: ohne Störer, gelb: RF-Störsignalpegel/Nutzsignalpegel=39dB, dabei Hauptschwebungston nur 20dB unter Nutzton.

5.) NF- Ausgangsleistung



Bei 4 Ohm Lautsprecherlastwiderstand zeigt sich deutlich die starke Stromgegenkopplung und die über 12V Betriebsspannung einsetzende Strombegrenzung. Das ist kein Wunder, denn die Brückenendstufe ist für Batteriebetrieb auf guten Wirkungsgrad bei 8 Ohm Last optimiert.

Deswegen sollte man bei Batteriebetrieb auch 8 Ohm Lautsprecher bevorzugen. Bei KFZ-Betrieb spielt der Wirkungsgrad eine untergeordnete Rolle, hier bringen bei 6V Bordnetz 4 Ohm Lautsprecher Leistungsvorteile, bei 12V Bordnetz gibt es keinen signifikanten Leistungsunterschied zwischen 4 Ohm und 8 Ohm Lautsprecherlast. Durch die integrierten Schutzschaltungen ist die Brückenendstufe im gesamten Betriebsspannungsbereich auch bei 4 Ohm Lautsprechern geschützt und nicht überlastbar. Auf ausreichende Kühlkörperdimensionierung muß allerdings geachtet werden, ansonsten reduziert die thermische Schutzschaltung die Ausgangsleistung.

5.)Bewertung, Zusammenfassung

Der UBS1 mit dem Silabs SI4835 DSP- Radiochip punktet sowohl auf AM als auch auf FM mit exzellenten Selektions- und Empfindlichkeitswerten, welche von analogen Konzepten mit vertretbarem Aufwand unerreichbar sind. Hervorgehoben sei insbesondere die Nachbarkanalselektion auf FM $\pm 200\text{kHz}$ mit bis zu 50dB in Kombination mit kleinem Klirrfaktor und die Nachbarkanalselektion auf Kurzwelle $\pm 6\text{kHz}$ mit bis zu 50dB. Das sind für herkömmliche analoge Empfängerkonzepte unerreichbare Selektionswerte, das schafft nicht einmal ein herkömmlicher analoger Ballempfänger. Zum Vergleich: das Pflichtenheft für Ballempfänger verlangt bei $\pm 200\text{kHz}$ folgende Selektion: Bei einem Eingangspegel des Nutzsignals von $60\text{dB}\mu\text{V}$ (1mV) und einem Störsignalpegel/Nutzsignalpegel E_s/E_n von nur 2dB muss der CCITT- Filter bewertete Audiostörpegelabstand mindestens 54dB erreichen. Spaßeshalber habe ich am UBS1 folgendes nachgemessen: 65dB unbewerteten Audiostörpegelabstand schafft der UBS1 locker noch bei 20dB niedrigerem RF-Eingangspegel und einem drastisch härterem E_s/E_n von 20dB!!! Auch die hubadaptive FM-Bandbreitenregelung bringt insbesondere bei nicht so hoch in der relativen Modulationsleistung ausgesteuerten Klassik- Sendern einen beachtlichen Empfindlichkeitszuwachs gegenüber analogen Konzepten. Aus den Messwerten kann bei 20kHz Hub und $1,8\mu\text{V}$ Antenneneingangsspannung ein unbewertetes Audio ($S+N/N$) von besser 40dB!!! (Mono)erwartet werden. Für analoge Konzepte utopisch. Die S/N- abhängige kontinuierliche Basisbreitenregelung verhindert jegliches hörbare Rauschen beim Übergang von Mono auf Stereo und zurück. Jetzt zu den Wermutstropfen: Aufgrund fehlender schmalbandiger Vorselektion auf den Kurzwellen- sowie auf den FM- Bereichen sollte man den Empfängerbaustein allerdings nicht an langen oder aktiven Antennen betreiben. Die Weitabselektion und die Großsignalfestigkeit stehen sehr guten analogen Empfängerkonzepten nach. Das ist auch kein Wunder und ist physikalisch insbesondere durch die niedrige Betriebsspannung des Chips von nur 3,3V bedingt. Der FM- Eingangs- ICP3 fällt mit ca. -2dBm entsprechend marginal aber noch recht akzeptabel aus. Zum Vergleich sei der um mindestens 10dB schlechtere Eingangs- ICP3 vom bekannten NE612 -13dBm genannt. Zum 0dBm ICP3 korrespondiert folgender Sachverhalt: Bleibt der maximale breitbandige Summen- Eingangspegel auf allen Bändern unter $80\text{dB}\mu\text{V}$ (ca. 10mV), was mit Teleskopantenne, Ferritantenne oder passiver Autoantenne normalerweise (außer in seltenen Fällen von Sendernähe) der Fall sein sollte, ist der Empfängerbaustein in den meisten Empfangssituationen analogen Konzepten haushoch überlegen. Der Baustein verkraftet natürlich auch höhere Summenpegel bis maximal $110\text{dB}\mu\text{V}$ (ca. 300mV) aber dann ist (nur) bei schwächeren Signalen eine Lautstärkeabnahme ähnlich einem Blocking- Effekt bei analogen Radios feststellbar, welches insbesondere bei AM schon unangenehm auffällt. Das ist aber kein Blocking wegen nichtlinearem Verhalten sondern wegen aktiver digitaler Verstärkungsreduzierung (Bitschieberei). Auf Mittelwelle ist der Blockingeffekt aufgrund der Vorkreiseselektion frequenzabhängig. Er tritt dort im Nachbarkanal bei niedrigeren und den Bandgrenzen bei höheren Pegeln auf als in den Kurzwellenbereichen. Die stärkeren Empfangssignale bleiben allerdings von diesem Effekt unbeeinflusst. Je höher der Summenpegel, umso weiter wandert auch der Pegel, unterhalb der schwache Signale vom Blockingeffekt beeinflusst werden können, nach oben.