

Simulation LIF5000

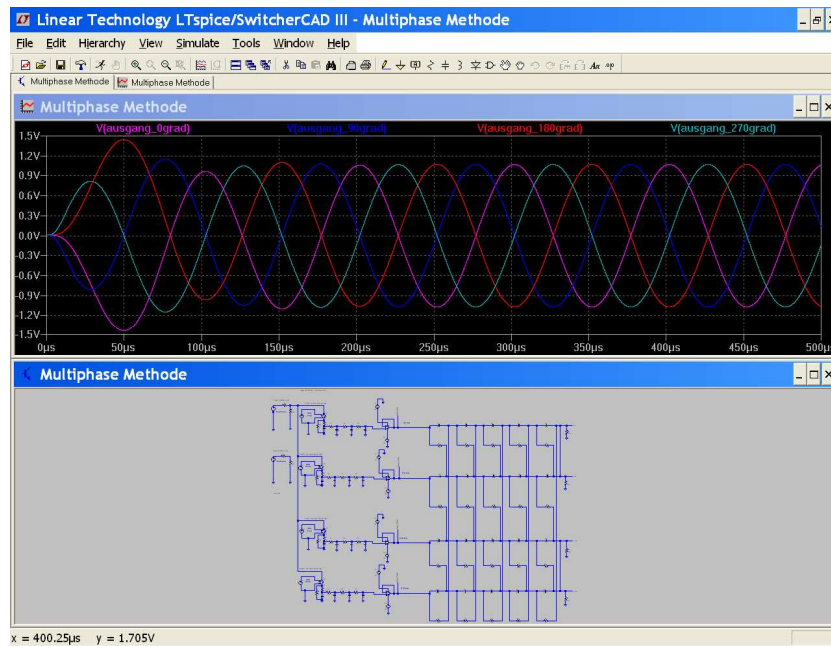


Abbildung 1

Zur Simulation von analogen Schaltungen verwende ich Ltspice/SwitcherCAD III. Dieses Programm ist sehr leistungsfähig und wenn man weiß wie, dann kann man damit fast alles simulieren. Und das Schönste an diesem Programm ist, dass man es völlig legal kostenlos bekommt. Man kann auch alle neuen Bauteile einbinden, indem man die jeweilige Spice-Lib vom Hersteller aus dem Internet herunter lädt. Leider kann dieses Programm viel mehr als ich, sodass ich bei jeder Anwendung noch viel dazulernen muss. Aber das schadet ja nicht.

Da für mich sowohl der Schaltmischer wie auch das Multiphasen-Netzwerk neu waren, habe ich diese Schaltungsteile im Simulator getestet. Ziel dieser Arbeit war es, herauszufinden, ob das alles überhaupt gehen kann, und wenn ja, was an dieser Schaltungstechnik besonders kritisch ist.

Erstaunlich ist die Erkenntnis, dass im Gegensatz zu verschiedenen Veröffentlichungen, die Toleranz der einzelnen Bauteile im Multiphasennetzwerk gar nicht so kritisch ist. Bei Toleranzen von +/- 1% konnte keine nennenswerte Fehlfunktion des Multiphasen-Netzwerkes erkannt werden. Simulationen mit unterschiedlichem Timing in der 4-Phasen-Mischstufe zeigten jedoch eine ganz massive Verschlechterung der Ergebnisse.

Erkenntnis:

Das Multiphasen-Netzwerk ist mit den Toleranzen gar nicht so sehr kritisch, wenn man die verwendeten Bauteile auf < 1% selektiert. Aber man muss mit der Symmetrie der eingespeisten Signale aufpassen. Bereits ein Fehler zwischen den Phasen von 1ns (1 Nanosekunde) führt dazu, dass die Spiegelfrequenzunterdrückung nicht mehr so richtig gut funktioniert. Auch die Eingangsamplitude muss genau stimmen, weil sich das ebenfalls recht kräftig im Ergebnis zeigt.

Simulation des Polyphasen-Netzwerkes

PA2PIM Polyphase network analysis

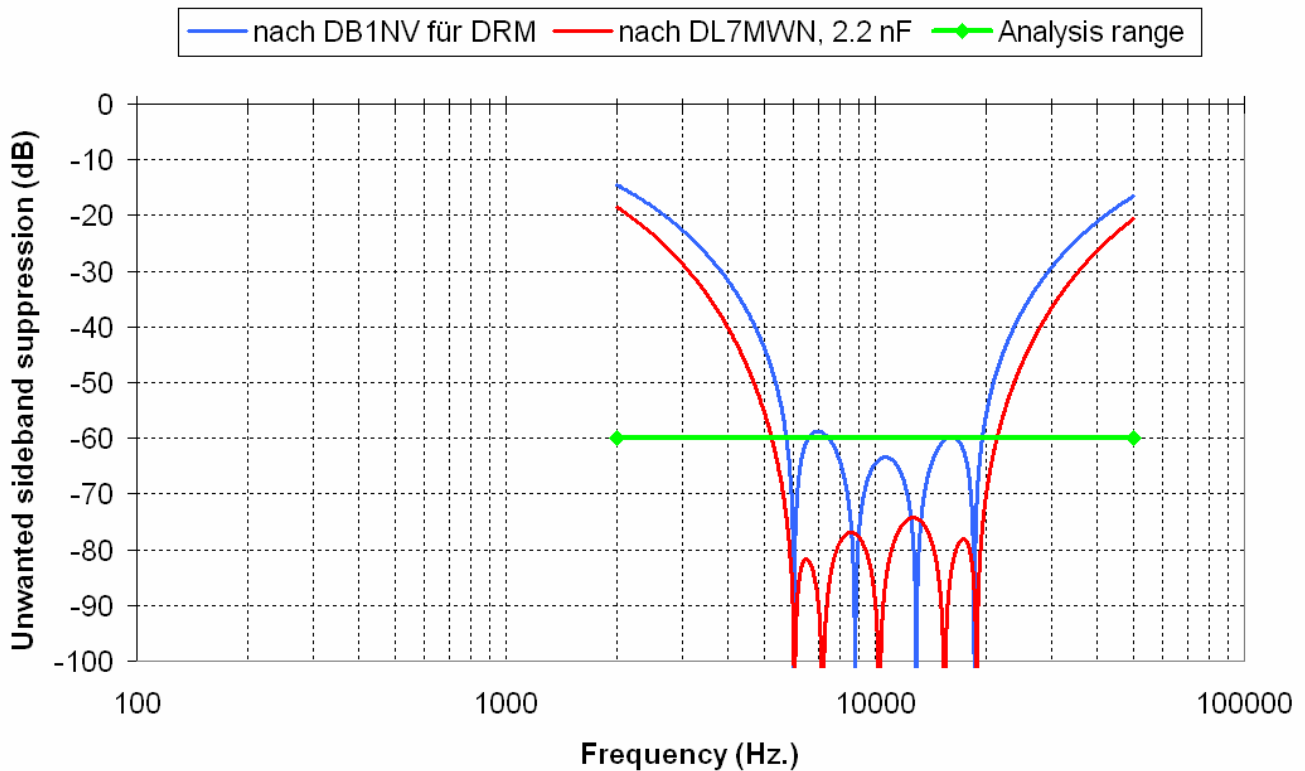


Abbildung 2

Simulation auf der Frequenzachse

Da mir die Funktion des Polyphase-Netzwerkes unbekannt war, habe ich im Internet recherchiert und bei M.J. Gingell alle notwendigen Informationen erhalten. Auch fand ich das Original-Programm, mit welchem er solche Netzwerke berechnete. Dann machte ich mich dran, das Polyphase-Netzwerk, welches Prof. Dr. Jochen Jirmann, DB1NV in seiner Veröffentlichung vorstellte zu berechnen (siehe Diagramm blau). Ich berechnete mir mein eigenes Polyphase-Netzwerk (Diagramm rot), was noch etwas besser sein sollte.

Die Schaltung, welche sich daraus ergab übernahm ich dann in den Simulator und schaute mir an, ob das überhaupt funktionieren kann (siehe Abbildung 3). Die ersten Simulationsergebnisse schauten gut aus, das Polyphase-Netzwerk funktionierte.

Nun konnte ich mich daran machen und diese Schaltung in meinen Schalplan übernehmen. Da ich aber irgend wo gelesen habe, dass dieses Polyphase-Netzwerk sehr kritisch mit den Bauteiltoleranzen ist, habe ich noch weitere Simulationen durchgeführt.

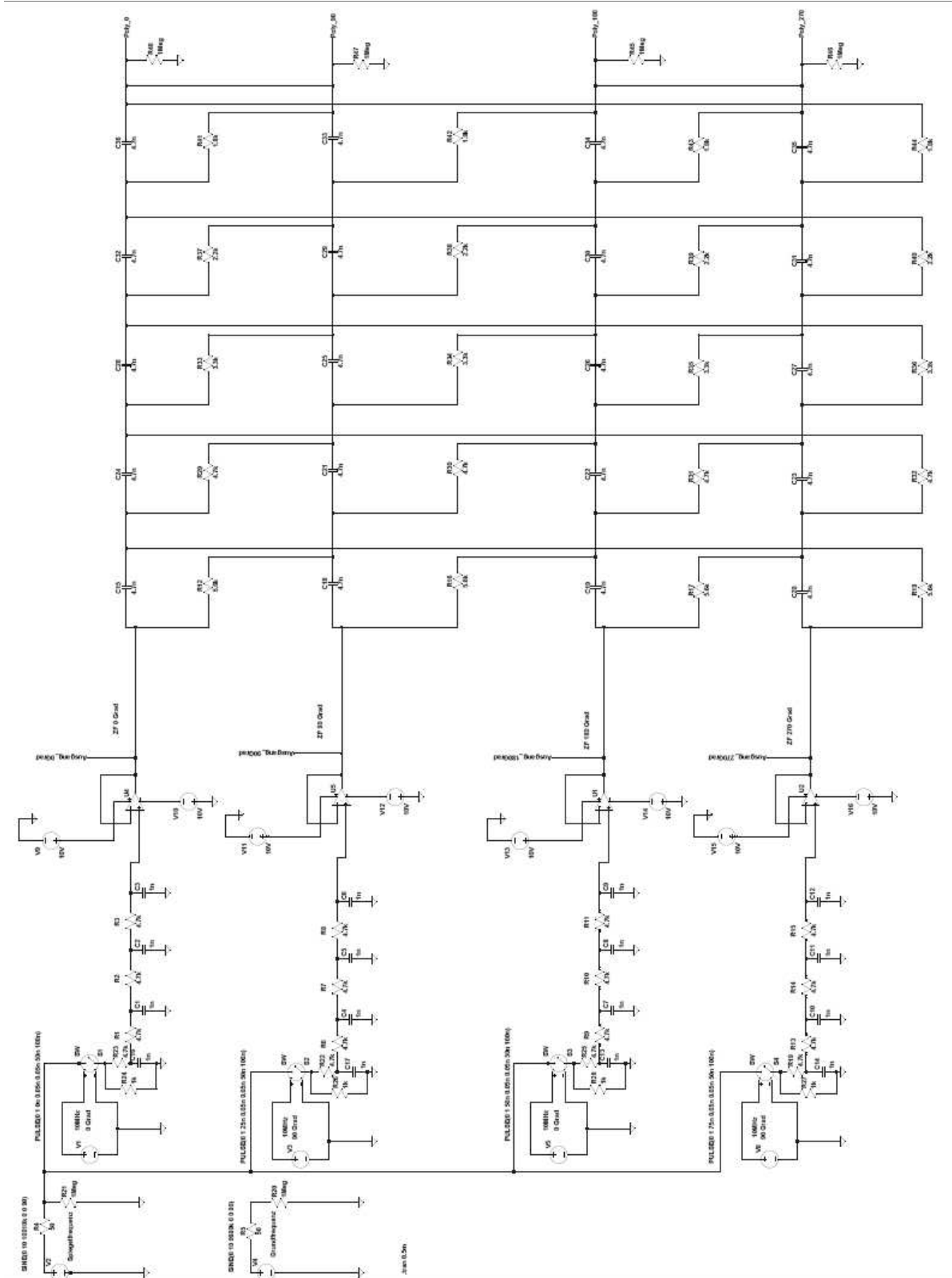


Abbildung 3

Die simulierte Schaltung

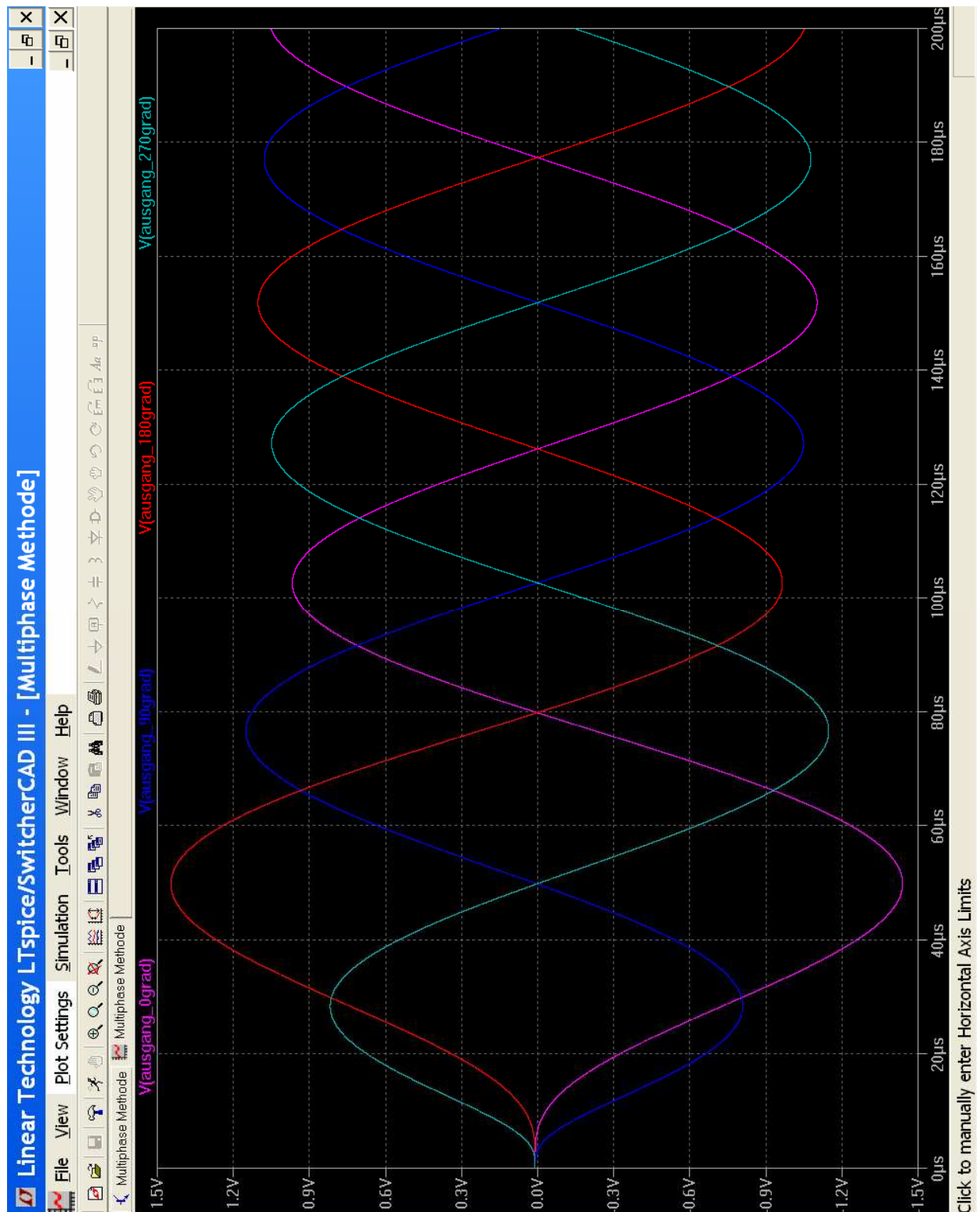


Abbildung 4

Ausgangssignale am 4-Phasen-Mischer

Diese Simulation kann man sehen, wie die ZF-Spannungen aus der 4-Phasenmischstufe kommen und am Eingang des Polyphasennetzwerk anliegen. Nach einer kurzen Einschwingzeit gehen die Spannungen in einen stabilen Zustand über. Die 4 ZF-Spannungen sind jeweils genau um 90 Grad in der Phase verschoben. An der Phasenlage zueinander könnte man bereits erkennen, ob es sich bei der Eingangsfrequenz um die gewünschte Frequenz oder um die Spiegelfrequenz handelt.

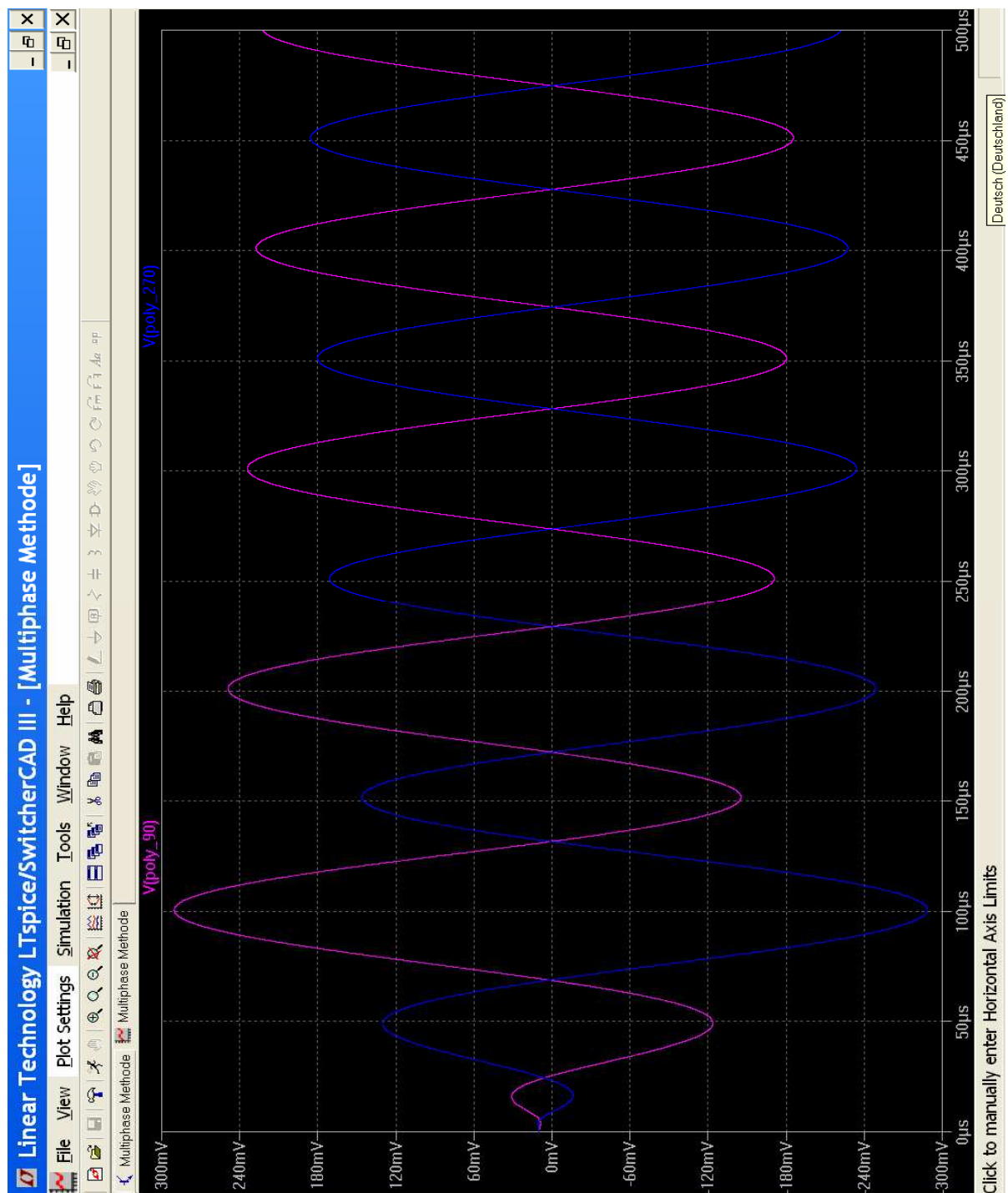


Abbildung 5

Ausgangssignale nach dem Polyphase-Netzwerkes wenn die gewünschte Eingangsfrequenz anliegt.

Das Polyphasen-Netzwerk hat ebenfalls 4 Ausgänge. Davon werden aber jeweils 2 Ausgänge zusammen geschaltet, wodurch sich dann die Unterdrückung der Spiegelfrequenz ergibt. Bei der gewünschten Eingangsfrequenz addieren sich die Spannungen beider zusammengeschalteten Ausgänge.

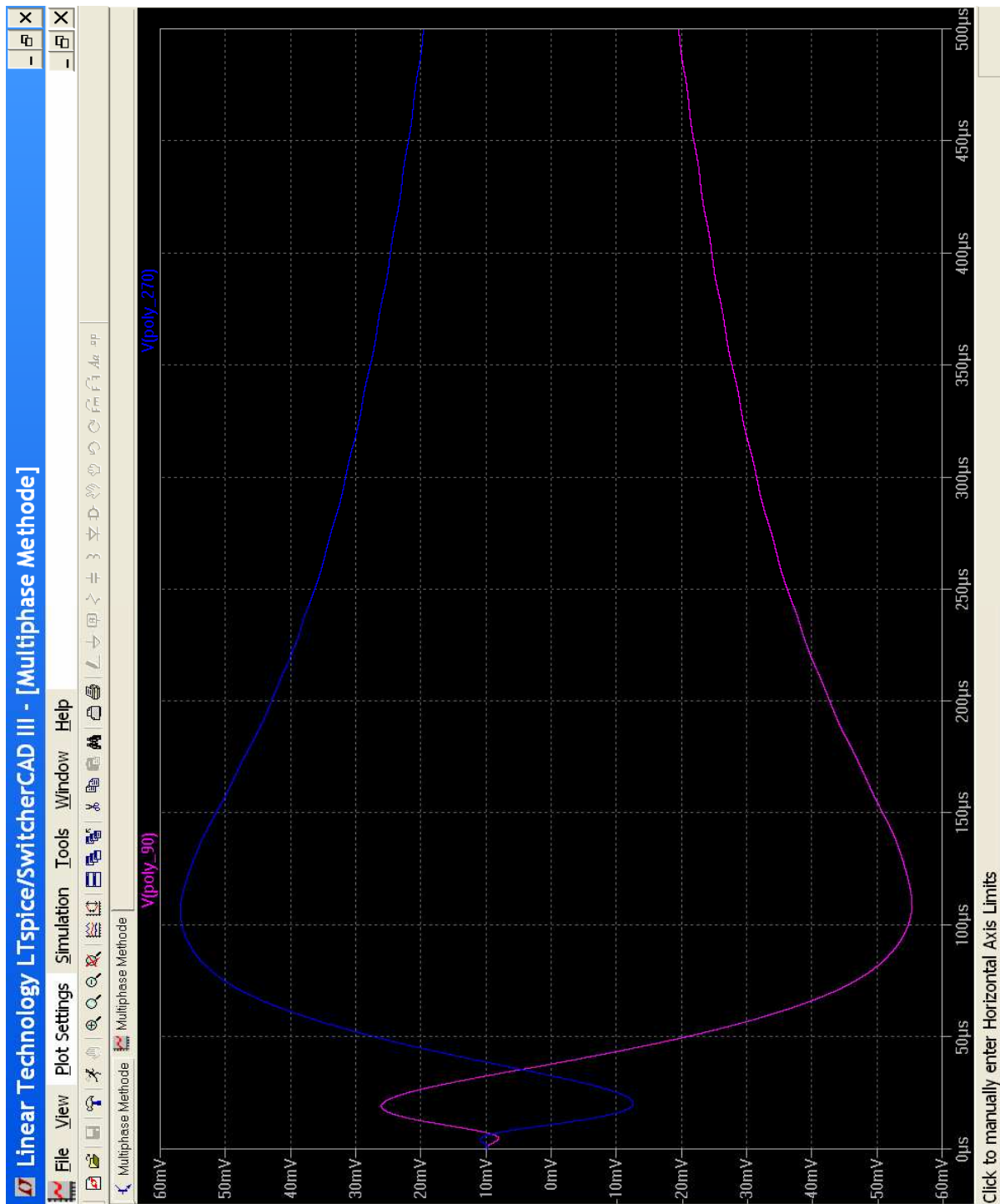


Abbildung 6

Ausgangssignale nach dem Polyphase-Netzwerkes wenn die Spiegelfrequenz anliegt.

Hier kann man nun deutlich sehen, wie die Spiegelfrequenz unterdrückt wird. Man sieht lediglich noch, wie sich die Kondensatoren ausladen. Von der Zwischenfrequenz ist nicht mehr zu sehen. Hoffentlich funktioniert das dann auch in der Praxis so.

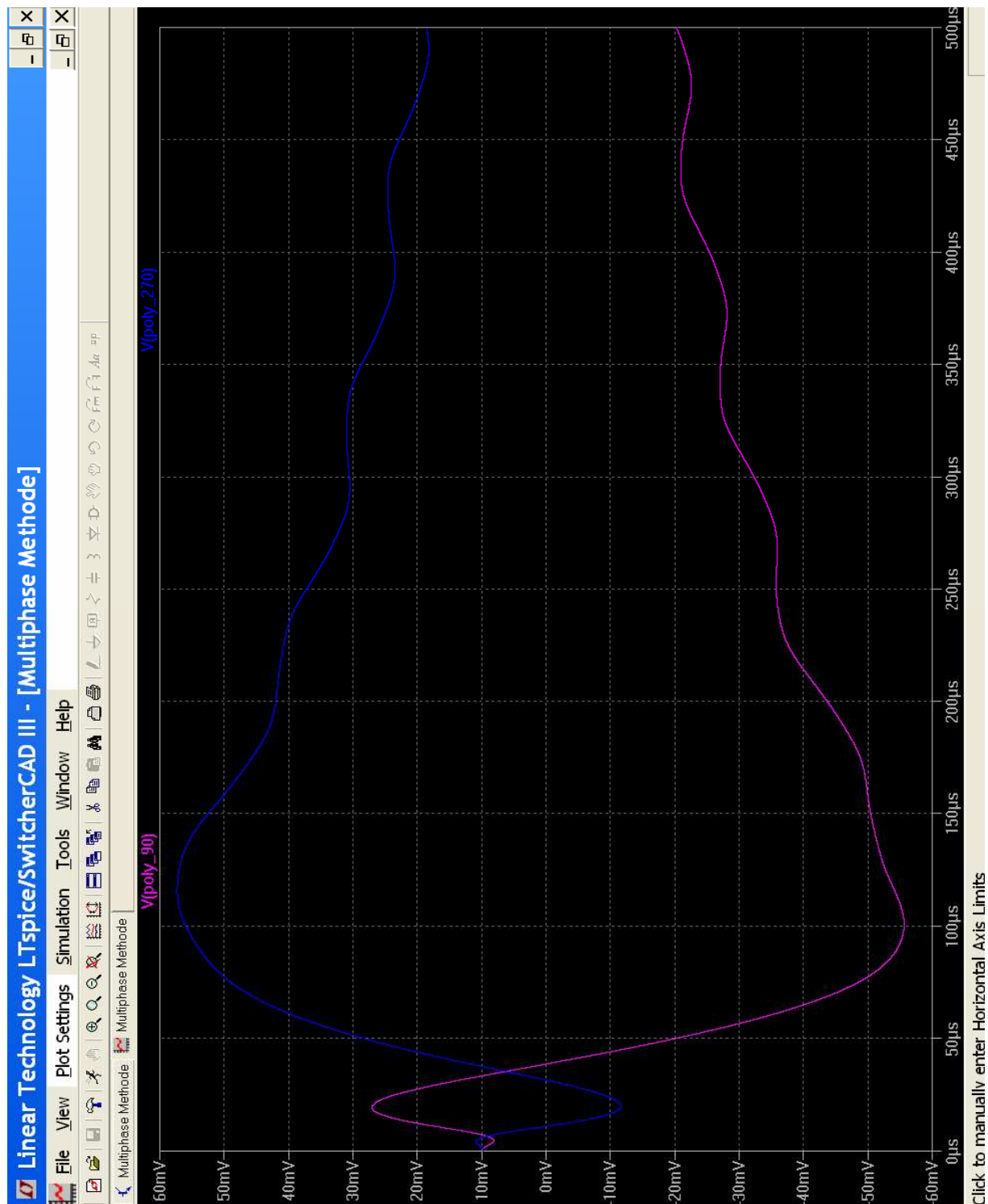


Abbildung 7 Ausgangssignale wenn die Spiegelfrequenz anliegt.

Ein Kondensator wurde mit 5% Fehler eingebaut

Hier kann man nun deutlich sehen, dass die Spiegelfrequenz wieder durch kommt. Bei einem Kondensator-Fehler von 1% konnte das in dieser Simulation noch nicht erkannt werden.

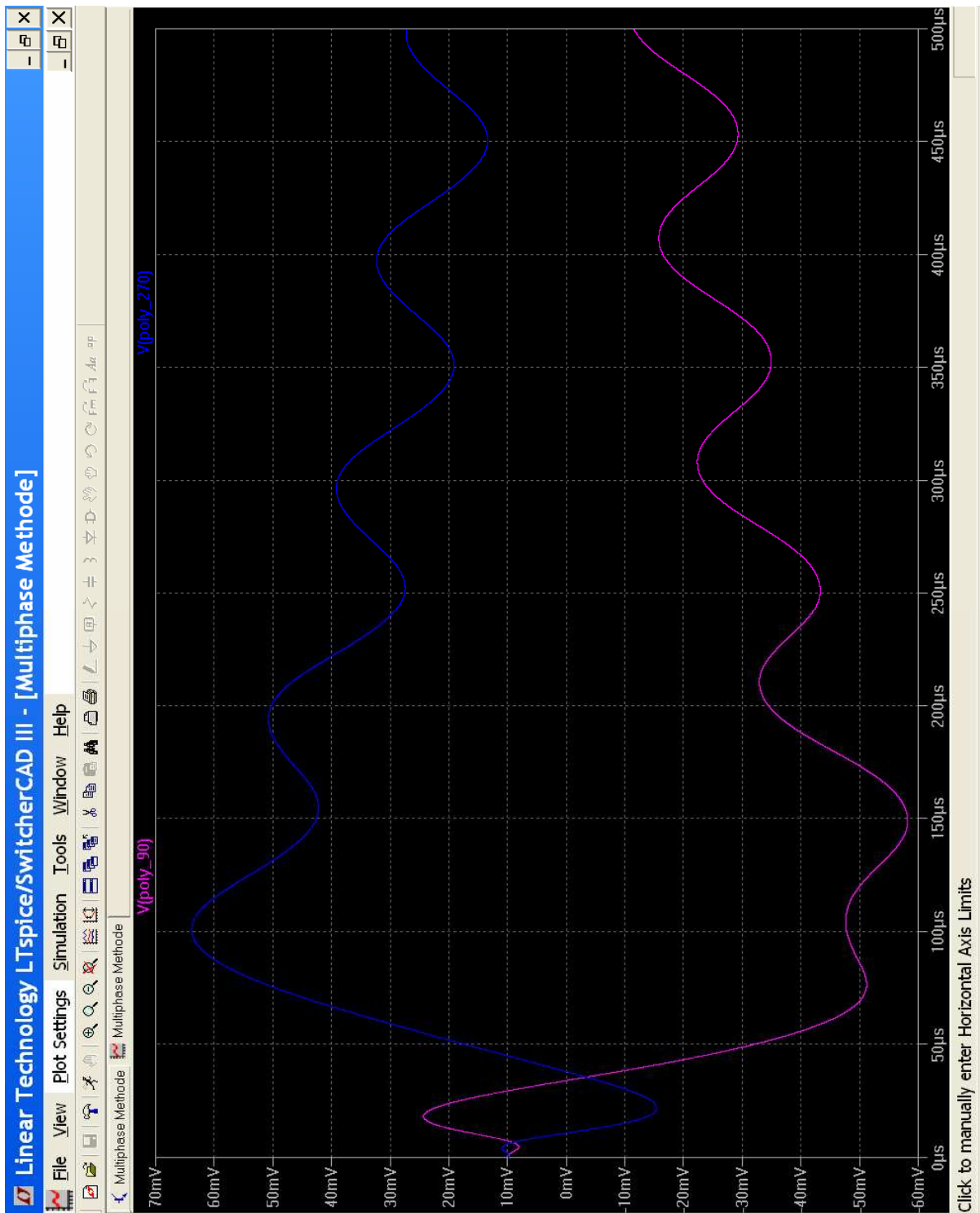


Abbildung 8 Ausgangssignale wenn die Spiegelfrequenz anliegt.

Die 4-Phasen-Mischstufe macht einen Fehler von 1ns

Hier kann man nun deutlich sehen, dass die Spiegelfrequenz durch kommt weil die 4-Phasen-Mischstufe einen Fehler zwischen den Kanälen von nur 1ns (1Nanosekunde) macht. Man merkt, dass Phasenfehler deutlich kritischer sind, als Bauteiltoleranzen im Multiphasennetzwerk.

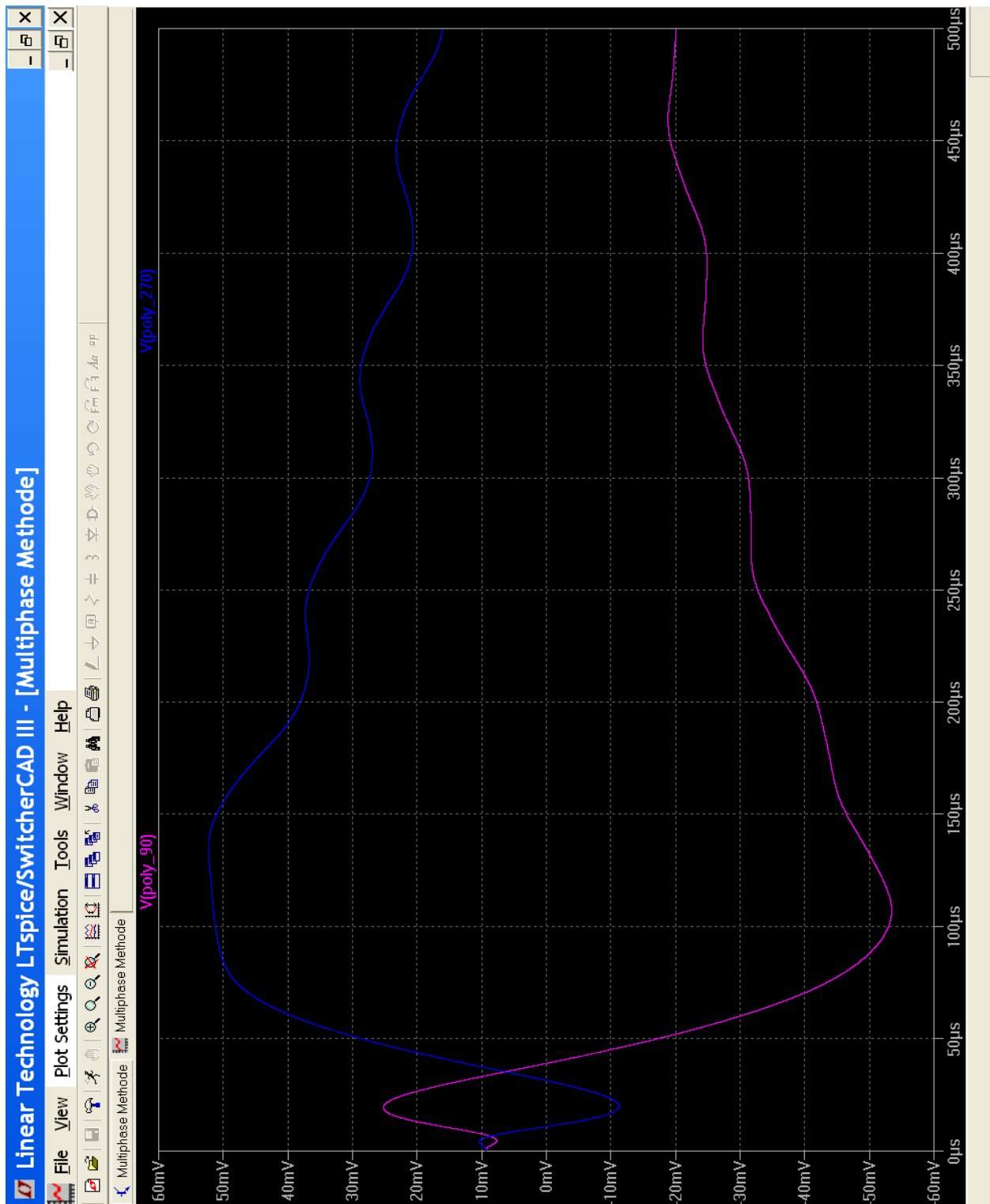


Abbildung 9 Ausgangssignale wenn die Spiegelfrequenz anliegt.

Die 4-Phasen-Mischstufe macht einen Amplitudenfehler von 1%.

Hier kann man nun deutlich sehen, dass die Spiegelfrequenz durch kommt weil die 4-Phasen-Mischstufe einen Amplitudenfehler von 1% macht. Man merkt, dass auch Amplitudenfehler deutlich kritischer sind, als Bauteiltoleranzen im Multiphasennetzwerk.