

Verstärkertechnik

In der Entwicklung von Intercom- und anderen Kommunikationssystemen spielen Verstärker immer eine wichtige Rolle. Da wo der Schall ins System eintritt und wo er ihn wieder verlässt, sind Verstärker die Schnittstelle zwischen Luft und Elektrik.

In der IP-Technologie gehen wir aber direkt noch einen Schritt weiter. Hinter dem Verstärker wird das Nutzsignal gleich in einen digitalen Datenstrom verwandelt, der verlustfreien Transport im System, im Netzwerk und sogar über das Internet gewährleistet.

Endstufen

Die Endstufe in einem Verstärker ist die Komponente, die die notwendige Leistung erbringt um Lautsprecher zum Tönen zu bringen. Endstufen reichen von weniger als 1W (für Telefonhörer, kleine Lautsprecher usw.) bis zu schwindelnden Höhen von einigen tausend Watt. Die größte von uns bisher realisierte Endstufe erbringt 400W an einer einzigen Leitung.

Verstärker lassen sich kombinieren und die Leistungen addieren sich dadurch. Allerdings hat man diese Leistungssumme nicht auf einer Lautsprecherleitung, sondern verteilt auf mehrere, was oft akzeptabel ist. So lassen sich auch modulare Verstärker in Gruppen realisieren.

Wir verwenden Class D Verstärker, die digital sind und eine hohe Effizienz und Wiedergabequalität bieten. Ein Class D Verstärker kann eine Effektivität von mehr als 90% aufweisen. Das bedeutet weniger Hitze, weniger Probleme mit der Kühlung, aber auch geringeren Platzverbrauch.

Eingangsstufen

Zu Beginn, also am Eingang, muss das zu verstärkende Signal so vorbereitet werden, dass es optimal verstärkt werden kann. Hier werden hochklassige Vorverstärker für den jeweiligen Anwendungsfall eingesetzt. Das reicht von Messverstärkern, die auch noch aller kleinste Signale aufbereiten können, über Mikrofonvorverstärker zu Weitbereichsverstärkern, die ggfs. auch zu große Eingangssignale abschwächen (negativ verstärken) können.

Mikrofonvorverstärker werden oft eingesetzt und hier muss sich die Elektronik auch an die Art des Mikrofons anpassen. Je nachdem, ob man dynamische oder Elektret-Mikrofone verwendet, muss der Vorverstärker eine Versorgungsspannung liefern oder nicht und auch mit verschiedenen Pegeln arbeiten können. Eventuell muss man sogar mit einer sogenannten AGC (automatic gain control) arbeiten.

Das so aufbereitete Eingangssignal wird dann je nach zu verwendendem Codec (es gibt eine ganze Reihe davon) digitalisiert. In dieser Form kann es gespeichert, bearbeitet, verschickt oder gestreamt werden. Die Rückwandlung liefert dann das optimale Signal für die Endstufe.

Die von uns entwickelten Verstärker haben fast immer einen digitalen Eingang, weil sie vom Netzwerk aus mit Audiodaten beschickt werden. Der Eingang kommt also direkt vom Netzwerkanschluss, der dafür mit den verschiedensten Protokollen arbeiten kann (div. Codecs, SIP, SIPS, H.323, Stream usw.).

Natürlich können mehrere Eingänge, auch mit verschiedenen Technologien, gleichzeitig verwendet werden.

PoE-Verstärker, IP-Lautsprecher

Manche Verstärker müssen besondere Anforderungen erfüllen. Verstärker für sogenannte IP-Lautsprecher sollen meistens direkt am Lautsprecher platziert, nur eine Zuleitung haben, die nicht nur das wiederzugebende Programm, sondern auch die notwendige Stromversorgung liefert.

Power over Ethernet kann 10W, PoE+ 23W und neueste Technologien sogar bis zu 60W Verstärkerleistung realisieren. Unsere PoE-Verstärker sind darüber hinaus nicht nur klein, sondern beherrschen alle Features, die man von einem modernen System erwartet (SIP, Streaming, div. Codecs, Webserver, Verschlüsselung, Management, Überwachung, usw.).

Natürlich können die kleine Bauform und der Leistungsumfang auch für andere Anwendungen, wie z.B. modulare Verstärker mit zentraler Stromversorgung, genutzt werden.

Systemüberwachung

Verstärker, gerade wenn sie innerhalb eines umfangreicheren Systems betrieben werden, benötigen eine angepasste Überwachungsstrategie. Die Verbindung mit dem Netzwerk bietet hierfür eine hervorragende Grundlage. SNMP oder andere, auch proprietäre, Protokolle, sichern eine lückenlose und schnelle Überwachung.

Die Fehlerüberwachung beginnt auf dem logischen Layer, wobei z.B. die erfolgreiche Anmeldung an einen SIP-Server beobachtet wird. Keep alive-Pakete können einem Überwachungssystem dauerhaft die eigene Funktionsfähigkeit melden. Auch gegenseitige Überwachungsstrategien sind machbar.

Der Prozessor im System kann eine Vielzahl von Funktionen überwachen, die nicht nur die eigene Baugruppe, sondern auch die angeschlossenen Lautsprecher betreffen. Dazu gehören: Betriebstemperatur, Pilotton, Erdschluss, Kurzschluss, Unterbrechung und Impedanzabweichungen mit variablen Empfindlichkeiten.

Zusätzliche digitale Eingänge können weitere Zustände wie Gehäuseöffnung o.ä. kontrollieren. Durch ein Mikrofon auf der Baugruppe ist es möglich akustische Tests durchzuführen um mechanische Fehler an Lautsprecher oder Mikrofon festzustellen.

Ein Prüfmikrofon kann auch verwendet werden um den Pegel von Umgebungsgeräuschen festzustellen. Durch den Einsatz einer Echounterdrückung über die DSP-Funktionalität des Systems, ist dies sogar während einer laufenden Wiedergabe möglich. Diese Technik empfiehlt sich vor allem beim Einsatz des Verstärkers direkt am Lautsprecher (IP-Lautsprecher).

Aber auch die angeschlossenen Lautsprecher können zur Messung des Umgebungsschalls verwendet werden, nur ist diese Messung nicht so genau und außerdem ist sie während einer laufenden Durchsage nicht möglich.

Modulares Konzept

IP-Verstärker können auf verschiedene Weisen modular aufgebaut werden. Je nach Anforderung soll diese Modularität verschiedene Aufgaben erfüllen.

Modulare Endstufen

Dies ist die gängigste Form zur Schaffung von Redundanz bei Verstärkern. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Endstufe das empfindlichste Teil ist, welches am ehesten von Ausfall bedroht ist.

Eine Endstufenüberwachung meldet einen Fehlerfall und schaltet Ein- und Ausgänge auf eine Reserveendstufe um. Es ist auch möglich, eine einzelne Reserve für mehrere Verstärker vorzuhalten, was eine erweiterte Schaltlogik erfordert.

Ob allerdings wirklich ausgerechnet die Endstufe eine Sollbruchstelle darstellt, ist fraglich. Die von uns eingesetzten sind vollastfähig über einen beliebig langen Zeitraum und auch Lüfter werden nicht verwendet. Die Endstufe ist also eigentlich genauso ausfallsicher wie alle anderen Komponenten des Systems.

Modulare Endstufen können allerdings auch für eine einfache Erweiterung der Gesamtverstärkerleistung herangezogen werden. Eine Eingangsstufe kann im Prinzip beliebig viele Endstufen mit Nutzsignalen beschicken. So ist die Gesamtverstärkerleistung über weite Grenzen ausbaufähig.

Eine entsprechend eingerichtete Eingangsstufe, kann auch verschiedene Audiosignale an die unterschiedlichen Endstufen senden. Ein IP-Eingang kann fast beliebig viele Audiostreams liefern, die an die verschiedenen Endstufen verteilt werden können. Trotzdem ist die Eingangsstufe nur einmal vorhanden und bei einem Ausfall, sind dann auch alle Endstufen außer Betrieb.

Modulare Verstärker

Hier handelt es sich um komplette Verstärkerbaugruppen, die aus Eingangsstufe, Endstufe und Line-Controller bestehen. Ein modularer Verstärker kann ebenfalls mehrere Audiosignale über das LAN empfangen, gibt aber gewöhnlich immer nur einen davon wieder (Ausnahmen bestätigen die Regel).

Alle Verstärkermodule eines Systems können so das gleiche Signal synchron wiedergeben oder auch verschiedene Streams. Eine Gruppenbildung ist beliebig möglich. Es kann also im Betrieb bestimmt werden, welche Signale aus welchen Lautsprechern zu hören sind.

Jedes einzelne Modul ist auch singular ansprechbar (z.B. per SIP).

Havariekonzept

Modulare Verstärker ermöglichen ein umfassendes Havariekonzept, weil bei entsprechender Verschaltung jedes Modul im Fehlerfall automatisch ersetzt werden kann. Das Besondere ist hier, dass eben nicht nur die Endstufe, sondern das gesamte Gerät (mit Eingangsstufe und Line-Controller) ersetzt wird und somit redundant ausgelegt ist.

Als Beispiel haben wir die Beschreibung eines Verstärkerprojektes angehängt, aus dem die Zusammenhänge einfacher hervorgehen:

Projektbeschreibung Elink724

Multifunktionsverstärker mit 400W Dauerleistung in 100V-Technik

Diese Beschreibung beschäftigt sich mit einem Verstärker, der in ähnlicher Form bereits entwickelt wurde und in Serie gebaut wird. Er eignet sich für sehr viele Einsatzbereiche. Das Gerätekonzept ist vielfältig wandelbar, kann an spezielle Erfordernisse angepasst werden und unterliegt andauernder Produktpflege, vor allem, was die Firmware betrifft.

Infrastruktur

Die grundsätzliche Funktionsweise des Systems, zu dem der Elink724 gehört, ist serverlos und benötigt keine zentrale Komponente. Als Infrastruktur werden Ethernet und die üblichen Internetprotokolle (Layer 2, 3, 4 und darauf aufbauend) genutzt.

Darüber hinaus fungiert das Gerät als SIP-Client und kann innerhalb von SIP-Umgebungen, fast wie ein normales Telefon betrieben werden.

Das Gerät sollte mindestens zwei Ethernet-Anschlüsse haben (mehr sind machbar), um Netzerkausfällen vorzubeugen. Dazu ist auch die Implementation des Rapid Spanning Tree Protokolls als Option vorgesehen.

Als weitere Besonderheit kann der Elink724 in bis zu 250 Gruppen mit bis zu 250 Prioritäten für Durchsagen eingesetzt werden. Diese Funktionalität wird von SIP nicht unterstützt, geht also darüber hinaus. Eine optionale SIP-to-Group-Funktionalität, kann es aber ermöglichen.

Das System ist routbar, soweit die Infrastruktur das Routen von Multicasts ermöglicht.

Hardwareüberwachung

Im Elink724 ist aus Kosten- und Integrationsgründen die Endstufe samt 100V-Übertrager integriert, was auch bessere Überwachungsfunktionen ermöglicht. Verstärker und Lautsprecher werden dauerhaft überwacht und auf Kurzschluss, Erdschluss, Drahtbruch und Impedanz getestet.

Die Endstufe wird darüber hinaus mit einem internen Pilotton überwacht. Auch Temperatur und Ausfall der redundanten Stromversorgung werden überwacht, ebenso die Ethernet-Ports und falls gewünscht ebenfalls eventuell vorhandene Sicherungen.

Netzwerkaudio

Für die Beschallungsanwendung ist ein PCM-Codec mit einer Abtastrate von 32KHz vorgesehen (Nutzbandbreite bis knapp 16KHz). Dieser Codec eignet sich vor allem für die Verbreitung von Hintergrundmusik.

Für die Übertragung von Sprache stehen die Codecs G.711 (bis 3,8KHz) und G.722 (bis 7,7KHz) automatisch erkennend zur Verfügung. Egal welches Audio mit welchem Codec anliegt, der Stream mit der höchsten Priorität wird wiedergegeben, ohne dass dafür Einstellungen geändert werden müssten. G.722 ist optimal für die Sprachübertragung und wird sowohl von ISDN, als auch von allen SIP-Servern unterstützt. G.711 dient der Kompatibilität mit allen anderen Telefonsystemen und wird weltweit angewandt.

Die Codecs im System weisen eine Latenz von ca. 60-80ms (end to end) auf.

Überwachung per Software

Auf Wunsch kann der Elink724 in ein besonderes Überwachungskonzept eingebunden werden. Dabei prüft er regelmäßig das Vorhandensein anderer Systemkomponenten, wie z.B. Sprechstellen. Das gilt auch umgekehrt: Elink724 kann von entsprechenden Geräten überwacht werden (auch PC-Softwareprodukten). SNMP ist ebenso möglich.

Die geräteinterne Überwachung kann festgestellte Fehler auf verschiedenste Weisen optional melden. SNMP, Email, UDP-Messages auf beliebiges Port und über einen Hardwareanschluss, der sich für die Ansteuerungen von SPS oder ähnlichem eignet. Welcher Fehler wie signalisiert wird, kann frei festgelegt werden. Durch Verwendung eines Öffners, wird auch bei einem Totalausfall gewarnt. Eignet sich ebenso für den Anschluss eines physischen Signalgebers.

Das Gerät führt auch verschiedene Selbsttests durch, die ebenfalls zu Meldungen führen, wenn ein Fehler auftritt. Eine Überwachung eventuell angeschlossener Speichersysteme (USB) und der darauf enthaltenen Daten ist ebenso möglich. Eine CPU-Watchdog überwacht den planmäßigen Ablauf des Betriebsprogramms und startet im Bedarf das Gerät neu, wodurch ebenfalls eine Meldung erzeugt wird.

Audiospeicher

Elink724 kann einen externen Speicher verwalten (über USB), der zentrale Durchsagen oder Alarmierungen aus der Konserve ermöglicht. Wenn der Bedarf dafür nicht allzu hoch ist, kann der Flashspeicher direkt im System untergebracht werden. Dann entfällt die Notwendigkeit für einen risikobehafteten externen Speicher.

Der Sprachspeicher darf sich nicht in der rufenden Stelle befinden, deshalb empfiehlt sich die Unterbringung im Verstärker. Dies ist z.B. Voraussetzung für den Einsatz in einem System gemäß EN54-16.

Formfaktor

Bevorzugt ist eine Realisation in einem 19“, 2HE-Gehäuse, mechanische Kühlung ohne Lüfter, dafür angepasste Kühlkörper. Die Technik ist relativ kalt und erzeugt im schlimmsten Fall 40W Abwärme bei voller Leistung im Dauerbetrieb. Ansonsten wird es nur lauwarm. Natürlich lässt sich das System durch die getrennten Komponenten auch in anderen Gehäuseformen unterbringen.

Bei genügend zur Verfügung stehender Fläche, ist es möglich, den Elink724 auf einer einzigen Baugruppe zu realisieren.

Zusatzprotokolle

SIPS, OPC, H.323 und IAX2 können auf Wunsch optional implementiert werden. Auch proprietäre Sonderlösungen sind möglich.

Sicherheit

Für das Lesen, Ändern und Löschen von Daten, die den Betrieb des Systems beeinflussen, sind getrennte Sicherungsstufen eingebaut. In der Praxis bedeutet das verschiedene Passworte je nach Stufe. Der Webserver stellt drei Webseiten zur Verfügung, auf denen unabhängig festgelegt werden kann, welche Einstellungen gelesen oder auch geändert werden können. Unterschieden werden die drei Stufen an ihren User-Namen mit den ihnen zugeordneten Passwörtern.

Optional kann die Konfiguration auch über ein Konfigurationsfile ins Gerät geladen werden, was zu einer starken Vereinfachung vor allem bei der Verwaltung mehrerer Einheiten und ganzer Systeme führt.

Eine weitere Option stellt die Konfiguration per SSH über ein Command Line Interface dar. Diese Methode vereinfacht den manuellen Zugriff, aber auch von einem zentralen Managementsystem aus.

Für die Absicherung des Datenverkehrs zur Konfiguration, Steuerung, aber auch für die Streams stehen hochklassige Sicherheitsprotokolle zur Verfügung. In erster Linie fußend auf TLS 1.2 mit elliptic curve Algorithmen, werden auch die hohen Anforderungen des BSI erfüllt.

Ein weiterer Punkt für die Sicherheit ist das verwendete eLLan:RTOS, das nicht auf offenen Strukturen beruht und deshalb sowohl virus-sicher, als auch BSI-zertifizierbar ist.

Gerätebeschreibung

Beim Elink724 handelt es sich um ein Gerät, das als erstes eine einfache Endstelle ist, die Audio vom Netzwerk empfängt und als analoges Signal regelbar über einen internen Verstärker mit 400W in 100V Technik weitergibt. Die Leistung steht dauerhaft mit nicht hörbaren Verzerrungen zur Verfügung.

Hinter der Endstufe wird das Signal auf 6 Ausgänge (Linien) aufgeteilt, die auch in drei Loops geschaltet werden können. Die Anzahl dieser Lines ist nicht im System festgelegt. Es können auch mehr oder weniger sein. Die Auswahl der Lines geschieht durch den Anruf. Jede Kombination von Lines kann ausgewählt werden, ohne dass das vorher festgelegt werden müsste. Jeder Anruf kann seine eigene Linekonfiguration haben.

Der Verstärker wird „stumm“ getestet. Wenn dieser Test fehlschlägt wird das Audiosignal an eine Havarieeinheit weitergeleitet, dessen Verstärker und Lautsprecherausgänge jetzt die originalen

ersetzen. Der Fehler wird gemeldet. Die Durchleitung wird so organisiert, dass ein Havarieverstärker (gleiches Gerät) für mehrere Haupteinheiten zur Verfügung steht. Die Überwachung läuft in der Havarieeinheit genau wie über die ausgefallene. Das System ist also voll redundant.

Der Verstärker kontrolliert auch seine eigenen Versorgungsspannungen. Er kann mit einer oder mehreren Stromversorgungen ausgestattet werden. Am günstigsten ist die Verwendung einer externen Stromversorgung von 48V. Über einen geräteinternen DC-DC-Wandler können auch Versorgungsspannungen von 24-72V akzeptiert werden.

Mit einem Stromversorgungsmodul für 110-240V, das auf 48V herunterregelt, kann eine gängige Netzstromversorgung realisiert werden. Ein solches Netzteil passt mit in ein 19“-Gehäuse.

Es ist möglich mehr oder weniger Ethernet-Anschlüsse zu realisieren. Wichtig zu wissen dabei ist, dass dies nicht durch einfaches Switching realisiert wird, sondern jedes Port getrennt vom System behandelt wird. So können verschiedene Daten über verschiedene Anschlüsse geleitet und sogar Routing-Funktionalitäten realisiert werden.

Ein LCD-Display kann verwendet werden um Status- und Fehlermeldungen wiederzugeben. Passende Tasten zur Steuerung sind ebenfalls möglich. Tasten und Display können auch weggelassen werden, wenn man sie nicht benötigt.

Eine Klangregelung zur Anpassung der Höhen und Tiefen getrennt für die verschiedenen Codecs in abspeicherbarer Form ermöglicht die klangliche Anpassung des Audiomaterials. Dazu gehören auch eine Pegelregelung und eine Funktion zur direkten Umgehung dieser Regelstufe bei Alarmzuständen. Diese Klangregelung wird von der DSP-Einheit gerechnet, die im System vorhanden ist.

In einem weiteren Teil des Gerätes werden die außen angeschlossenen Lautsprecher auf Kurzschluss, Unterbrechung, Erdschluss und Impedanzänderung überwacht. Fehler werden auf die festgelegte Weise gemeldet.

Das zur Messung notwendige Signal ist auf die Anwendung optimiert, kann aber auch angepasst werden (Frequenz, Pegel). Da die Linien alle einzeln abschaltbar sind, ergibt sich für den Impedanztest eine große Menge möglicher Impedanzen, die je nach Schaltzustand getrennt überwacht werden müssen.

Die Impedanz-Messung erfolgt mit einer Genauigkeit von <5% mit einer Programmierungsmöglichkeit der Toleranz in Stufen von 5, 10, 15, 20, 25%.

Die Liste der gemessenen Impedanzen ist auslesbar. So kann man die Entwicklung der Messwerte über einen längeren Zeitraum beobachten. Das Managementprotokoll kann dies auf verschiedene Weisen ermöglichen.

Die Lautsprecherkreise können programmgesteuert geschaltet (nicht geregelt) werden. Diese Schaltung kann abhängig von den gerufenen Rufnummern oder Gruppen vorgenommen werden. Es können beliebig viele dieser Verstärker in einem System sein, Havarieeinheiten sind optional.

Der Havarieanschluss ist schaltungstechnisch zwischen Endstufe und Linienverteiler im Gerät positioniert. Die Verdrahtung ist recht einfach.

Das Gerät enthält eine interne Temperaturüberwachung der Endstufe mit entsprechender Signalisierung. Die Warnschwelle ist durch den Verstärkerbaustein festgelegt. Der schaltet sich ab, wenn die Temperatur für den Betrieb zu hoch wird, was ebenfalls signalisiert wird. Eine Pegelanpassung bei Temperaturwarnung kann vorgesehen werden.

Eingebauter Speicher für Durchsagen wird per USB im Verstärker realisiert. Das Vorhandensein dieses Speichers wird überwacht. Die Durchsagen bzw. Töne, werden per TFTP, FTP, FTPS oder SFTP in den Speicher geladen und von dort abgespielt.

Anstatt eines USB-Sticks, kann auch ein fester Flash-Speicher im Gerät genutzt werden, was das Handling vereinfacht, aber weniger Platz bietet. Trotzdem genügt dies für die allermeisten Anwendungen.

Funktionalität

Das Gerät baut Verbindungen mit fast beliebigen Gegenstellen auf. Die notwendigen Protokolle sind vorhanden. Auch Durchsagen sind dadurch möglich, ebenso wie die Mitgliedschaft in beliebig vielen solcher Gruppen. Dadurch ist die Wiedergabe von Hintergrundmusik möglich, auch mit mehreren konkurrierenden Programmquellen. Hintergrundmusik kann auch aus dem lokalen USB-Speicher wiedergegeben werden.

Die Wiedergabe von Gruppendurchsagen erfolgt synchron. Delay Lines können auf Wunsch realisiert werden.

SIP mit Serveranmeldung und direkt auf IP-Adresse ist implementiert. Auch SIPS ist möglich.

Der Firmware-Update erfolgt per TFTP. Auf Wunsch kann auch FTP, FTPS oder SFTP verwendet werden. Eine zweite Firmwareversion kann redundant vorgehalten werden, so dass auch gescheiterte Firmware Uploads nicht zu Problemen führen.

Der Webserver für die Konfigurationsseiten samt einer Demo-Seite mit voller Funktionalität sind an Bord. Die Webseiten können kundenseitig geändert und eingespielt werden.

Im schlimmsten Fall, verwandelt der Verstärker 10% seiner Leistung in Hitze. Es müssen also 40W an die Umgebung abgegeben werden. Die Endstufe wird aktiv gesteuert und verbraucht im Ruhezustand gar keinen Strom. Im Standby benötigt der Elink724 ca. 2W, eine erstklassige Energiebilanz.

Ein neues Prozessorsystem liefert mehr Rechenleistung als bisher in dieser Klasse möglich war. Diese Leistungssteigerung ermöglicht auch die Verwendung von hochkomplexen Sicherheitsmechanismen, wie man sie z.B. für HTTPS und andere Protokolle benötigt, die auf TLS 1.2 fußen. Auch die Entschlüsselung von gesicherten Audiostreams beherrscht dieses System.

Für weitere Informationen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung.