

Der LDR als steuerbarer Widerstand

Manfred Zollner

Fotowiderstände (LDRs) stellen eine preiswerte Möglichkeit zur Realisierung steuerbarer Übertragungssysteme dar. In der Musikelektronik sind das Amplitudenmodulatoren (Tremolo, Kompressor), Frequenzmodulatoren (Vibrato), Delaymodulatoren (Phaser, Flanger, Chorus), sowie Kombinationen dieser Effekte. Nachteilig bei LDR-Schaltungen sind vor allem zwei Effekte: die Trägheit bei der Umsetzung von Lichtänderungen in Widerstandsänderungen, und Nichtlinearitäten (Klirrfaktor). Die folgenden Seiten beschreiben diese Effekte quantitativ anhand von Messergebnissen. Anwendungen ist ein eigener Beitrag gewidmet [GITEC Knowledge Base].

Fotowiderstände sind zweipolige Halbleiterbauteile, deren Widerstand von der Beleuchtungsstärke abhängt: je heller sie beleuchtet werden, desto niederohmiger werden sie. Als Abkürzung hat sich das englische LDR durchgesetzt (LDR = light dependent resistor). LDRs kommen zum Einsatz, wenn eine Systemgröße zeitvariant sein soll. Ein typisches Beispiel ist die automatische Verstärkungsänderung (Amplitudenmodulator, *Tremolo*) im Fender-Röhrenverstärker, bei dem eine blinkende Glühlampe einen LDR beleuchtet. Der LDR verändert in einem Widerstandsteiler die Verstärkung, d.h. die Lautstärke. Zunächst wurde dieser Effekt erzeugt, indem der Arbeitspunkt einer Verstärkerröhre periodisch verschoben wurde. Dies änderte die Steilheit, und damit die Verstärkung. Ab ca. 1963 kam dann der **Optokoppler** mit Glühlampe/LDR zum Einsatz. Wesentlich aufwändiger wird die Schaltung, wenn nicht die Lautstärke, sondern die Tonhöhe verändert (moduliert) werden soll. Hierfür muss statt des Betrags der Übertragungsfunktion deren Phase zeitabhängig verändert werden, was eine zeitvariante Filterschaltung erfordert (steuerbares Allpassfilter). Der VOX AC30, aber auch zahlreiche Orgeln nutzten diesen Effekt, der üblicherweise *Vibrato* genannt wird. Nur Leo Fender benutzte die Begriffe Tremolo und Vibrato synonym und verteilte sie regellos (bzw. nach Marketinganforderungen) in seinen Prospekten.

Mit einem steuerbaren **Allpass**, d.h. einer zeitvarianten Verzögerung (Delay) lässt sich durch Addition zum Original mit wenig Aufwand ein steuerbares **Kammfilter** erzeugen, zentrale Einheit aller Phaser/Flanger/Chorus-Effektgeräte. In Zeiten, in denen AD/DA-Wandler und DSPs noch nicht verfügbar waren, bot ein durch Licht steuerbarer Widerstand eine gute und preiswerte Möglichkeit, Audiosignale analog zu modulieren. Danach kam mit den sog. Eimerkettenspeichern die zeitdiskrete und wertkontinuierliche Signalverarbeitung, danach mit ADC (Analog/Digital-Wandler) DSP (Digitaler Signalprozessor) und DAC (Digital/Analog-Wandler) die zeitdiskrete und wertdiskrete Signalverarbeitung. Diese Technologien stellen jeweils eigenständige Lösungen dar, mit teilweise sehr unterschiedlichen Eigenschaften. Einem LDR-Modulator wird durch die Anzahl der LDRs (z.B. 4 oder 8) eine harte Grenze gesetzt, bei einem DSP-System ergeben sich demgegenüber viel mehr Freiheitsgrade. Je nach deren Ausnutzung werden sich die erzeugten Effekte dann klanglich unterscheiden. LDR-Modulatoren sind inzwischen zwar veraltet, nicht wenige Musiker empfinden ihre Klangeffekte aber als erhaltenswert. Auf den folgenden Seiten werden deshalb die Eigenschaften typischer Fotowiderstände analysiert – Anwendungen (z.B. Uni-Vibe) beschreibt ein eigener Artikel.

Die restlichen Seiten sind als PDF downloadbar: www.gitec-forum.de