

Ideen zur Neuentwicklung der Profulgitterelektronik



SD - Seminar

M. Witthaus, GSI

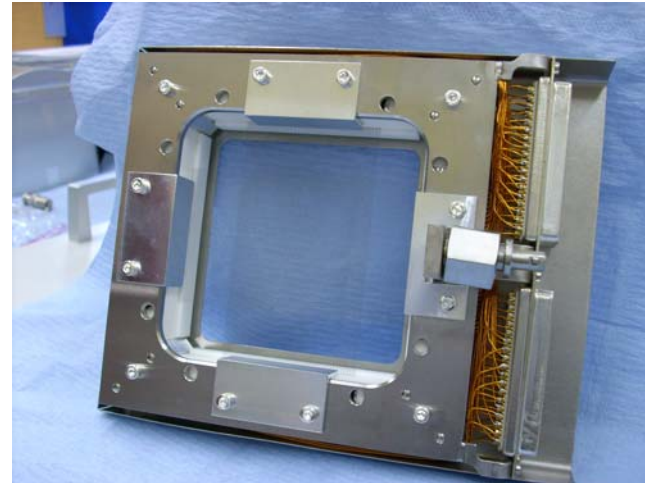
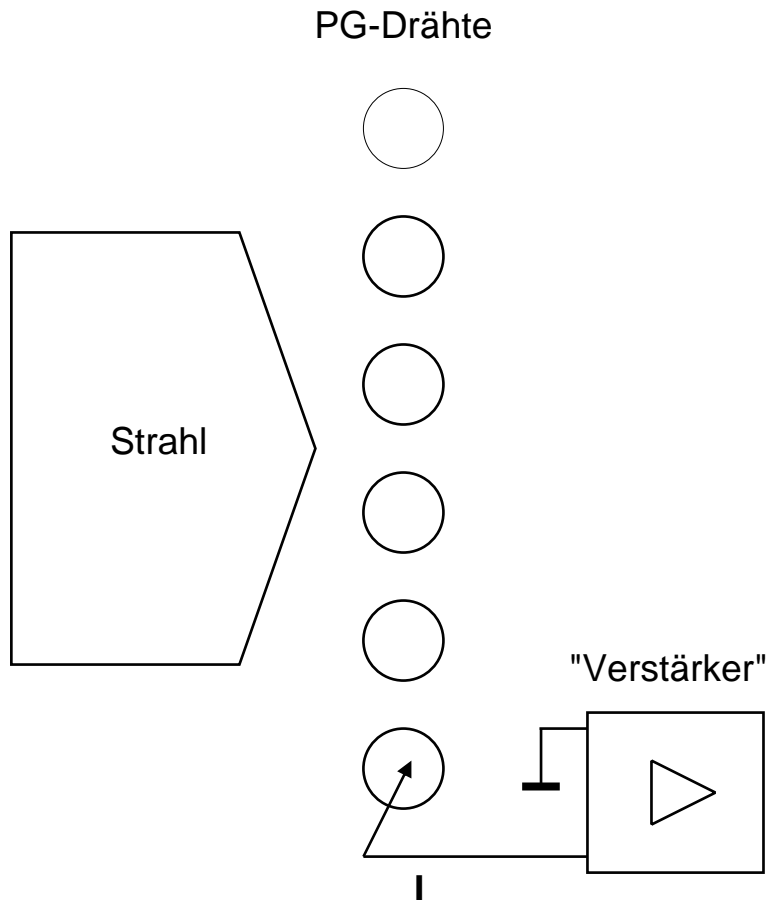
H. Reeg, GSI

16.11.2007

Inhalt

- Die bisherige PG-Messelektronik
- Prinzipieller Aufbau – "Messkette"
- Leistungsdaten der PG-Messeinrichtung
- Warum PG-Messeinrichtung erneuern ?
- Vorschläge möglicher Messsysteme
- QFW-ASIC von Dr. H. Flemming, GSI
- Betriebsfälle anhand von Beispielen
- Ausblick – Nächste Schritte

Funktionsprinzip eines Profilgitters

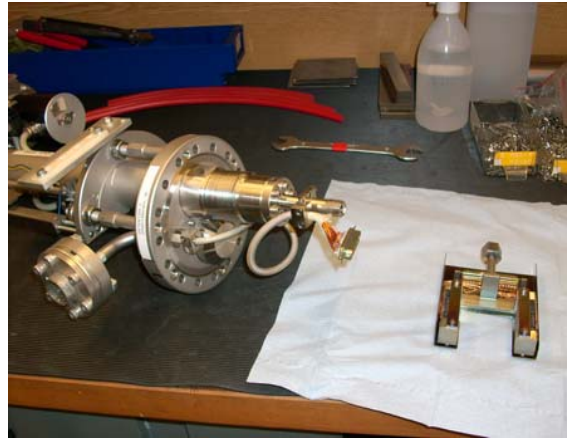


Profilgitter mit
2 x 64 Drähten



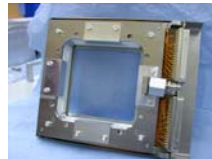
Strahlprofile

Derzeitige Profilgittermesseinrichtung



Hardware-Architektur (Messkette)

PG



Profilgitter: 16,32,...,96 Drähte

U



Analogkarte

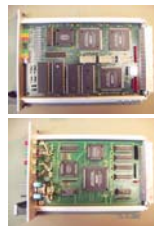
S

1/n



ADU-Karte mit
Steuer- und Info-Karte

ADU



Datenumsetz- und
MIL-Interface-Karte

MIL
Interface

MIL-BUS



Rack

Derzeitige Profulgitterelektronik

Varianten

- Integrator

- wurde für SIS wg. der langen Extraktionszeiten (bis 16s) entwickelt
- verschiedene einstellbare Integrationszeiten (zwischen 100 μ s und 65s)
- I/U-Wandler nicht vorhanden

- I/U-Wandler

- Erstversion, für UNILAC mit Strahlpulslängen bis 5(8) ms
- nur zwei verschiedene Zeitkonstanten einstellbar (Verwendung findet nur noch 0,5ms)
- verschiedene Strommessbereiche: (2,5,10,20,50,100,200,500nA/V;1,2,5,10 μ A/V)
- Die max. Ausgangsamplitude beträgt 10V
- 10bit-ADU
 - ⇒ theoretische Auflösung: 20pA (auf 0,5ms bezogen)
- Wirkliche Auflösungsgrenze liegt bei 100pA (laut P. Strehl)
 - ⇒ entspricht 5LSB bei 10bit-Auflösung
- 20kHz Bandbreite

Derzeitige Profilhitterelektronik

- **Aufbau mit z.T. mehr als 20 Jahren alten Bauteilen**
 - elektronische Bauteile könnten abgekündigt werden (Verstärker OPA 111 ist es schon offiziell)
 - wie lange sind mechanische Baugruppen noch erhältlich ? (Preisentwicklung ?)
- **Hohe Anschaffungskosten**
 - Derzeit im Durchschnitt 29k€ für eine Profilhitter-Messeinrichtung mit 64 Drähten/Analogeingängen
 - Eine Ersatz-Analogkarte kostet z.Z. rund 1,5k€
 - Weiteres Beispiel: ein Analogeingang benötigt drei OPA111 und jeder kostet ca. 25€

⇒ d.h. Kosten min. 75 €/Analogeingang
- **Lange Lieferzeiten**

Derzeitige Profulgitterelektronik

Schlussfolgerung:

⇒ Neuentwicklung/Relayout der Profulgitterelektronik

Weiteres Ziel auch im Hinblick auf das FAIR-Projekt:

⇒ **Kostenreduzierung einer PG-Einheit**

Mögliche Änderungen

- **Austausch der OPAs...**
 - ⇒ Preisreduktion
- **Schaltung vereinfachen/abändern ?...**
- **Layout mit SMT-Komponenten (SMD)...**
 - ⇒ Platz sparen
- **Montage von Mechanik und Anschlüssen vereinfachen...**
 - ⇒ hier sehr unwahrscheinlich
- **Neues Messprinzip suchen...**
 - ⇒ woraus vielleicht eine elektronische und elektromechanische Vereinfachungen folgt ?
 - ⇒ neuartige ICs auf dem Markt ?

1. Vorschlag

- **Relayout der PG-Einrichtung mit Einsatz von neuen Bauteilen**

- OPVs: Austausch durch AD795 (2,60€/1k St.) oder OPA 627 (8,60€/1k St.)

- Einsatz eines 16bit ADUs

- ⇒ Einsparung von Messbereichen (nur noch 100 μ A, 10 μ A, 1 μ A, 0.1 μ A)

- ⇒ Einsparung von Analogschaltern

- ⇒ theoretische Auflösungsgrenze ca.1,5 pA (Dynamikbereich kann nicht voll ausgeschöpft werden)

- Einsatz von SMT-Bauteilen (SMD)

- ⇒ Platzeinsparung

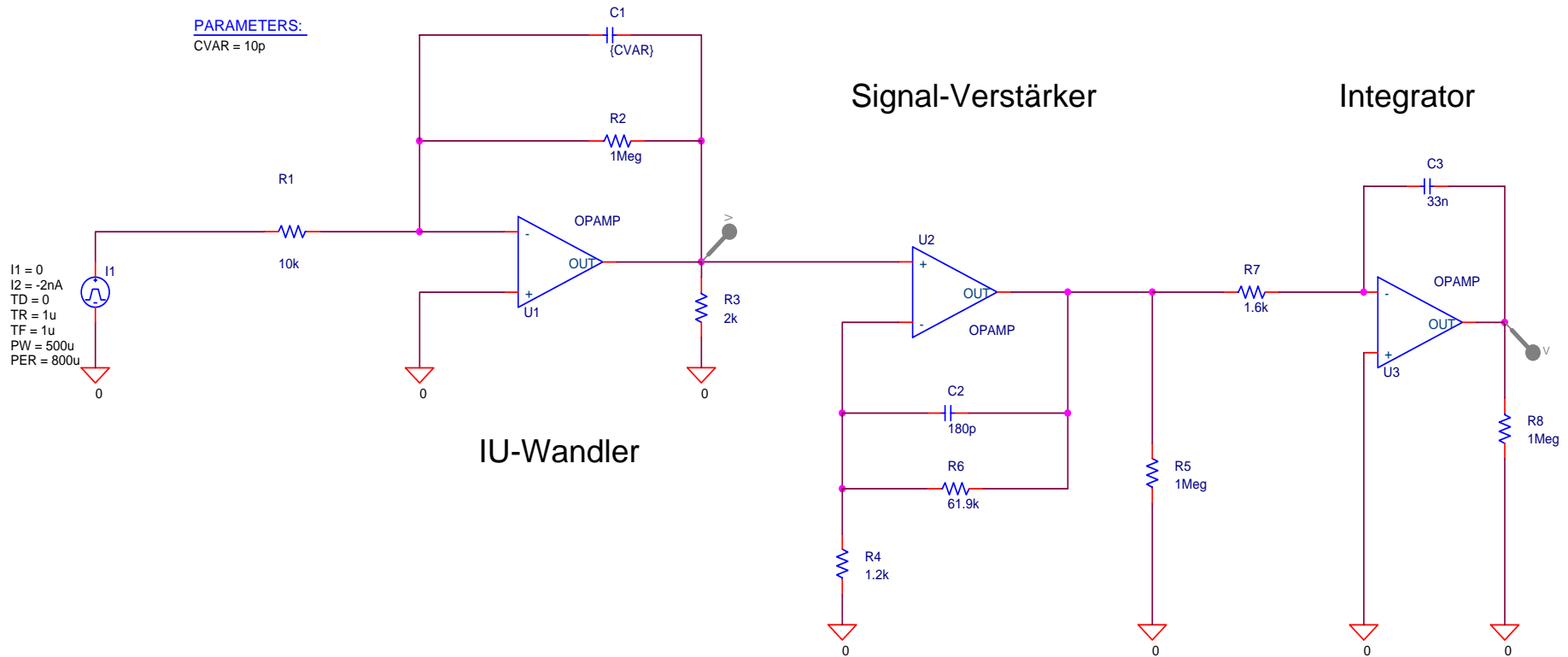
- ⇒ Baugruppen kompakter

- ⇒ Kosteneinsparung in der Mechanik (Rack-Bauteile)

MUSS NEU
UNTERSUCHT
WERDEN !

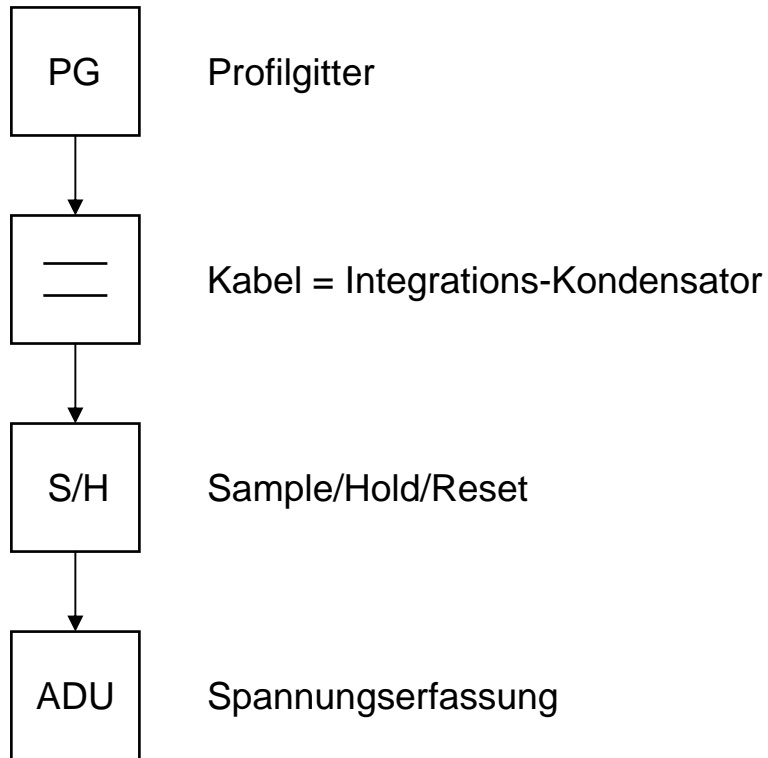
1. Vorschlag

Vereinfacht dargestellter Stromlaufplan der bisherigen Analogschaltung



2. Vorschlag

PG-Anschlußkabel zur Integration verwenden ?

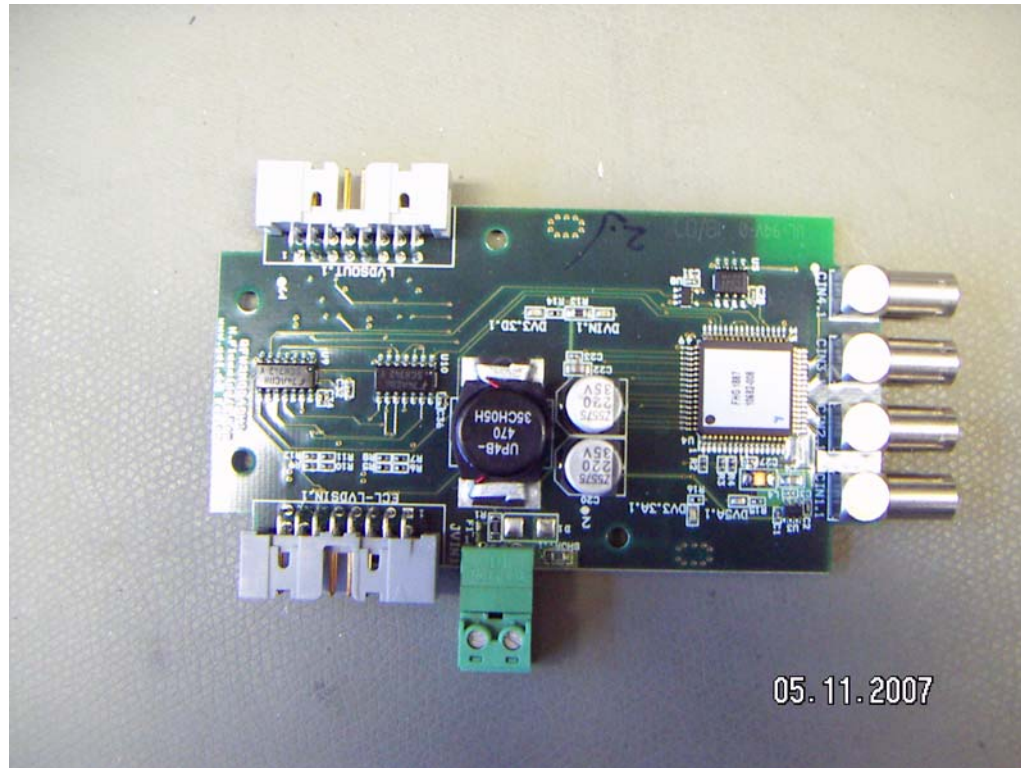


Problem: Schalter-Timing und EMV !

⇒ **MUSS UNTERSUCHT WERDEN !**

3. Vorschlag

QFW-Modul und ASIC von Dr. H. Flemming



- ASIC verfügt über zwei Messbereiche (0,24/2,4 pC/Puls, Auflösung)
- großer Dynamikbereich (100)300fA bis 130(180) μ A
- 5V und 3,3V Spannungsversorgung (ASIC) (Modul benötigt 5,2-7V)
- 4 analoge Eingänge (Modul ist mit 4 Lemobuchsen ausgestattet)
- 4 On-Chip-Counter 16bit
- Ausgangsfrequenz 4 bzw. 40MHz
- digitale Schnittstelle
- Modul besitzt zusätzliche Treiberbausteine (LVDS und ECL-Kompatibel)
- Offsetabgleich über Schnittstelle möglich
- Kosten: <50€/ASIC

QFW-ASIC/Modul

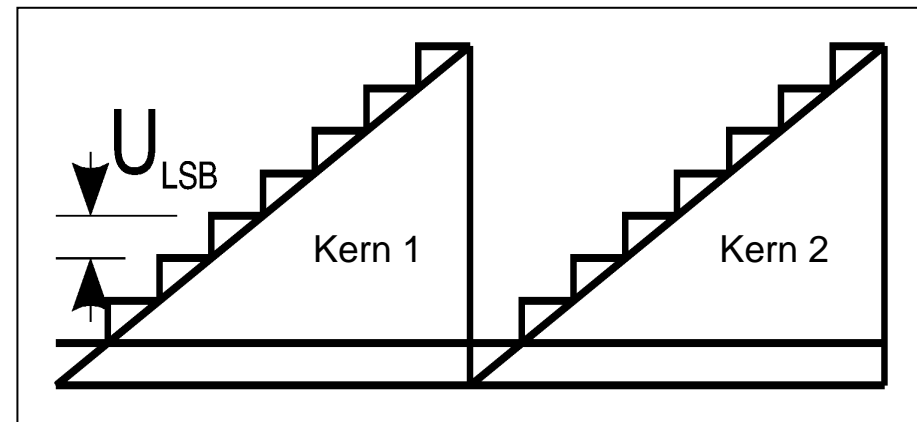
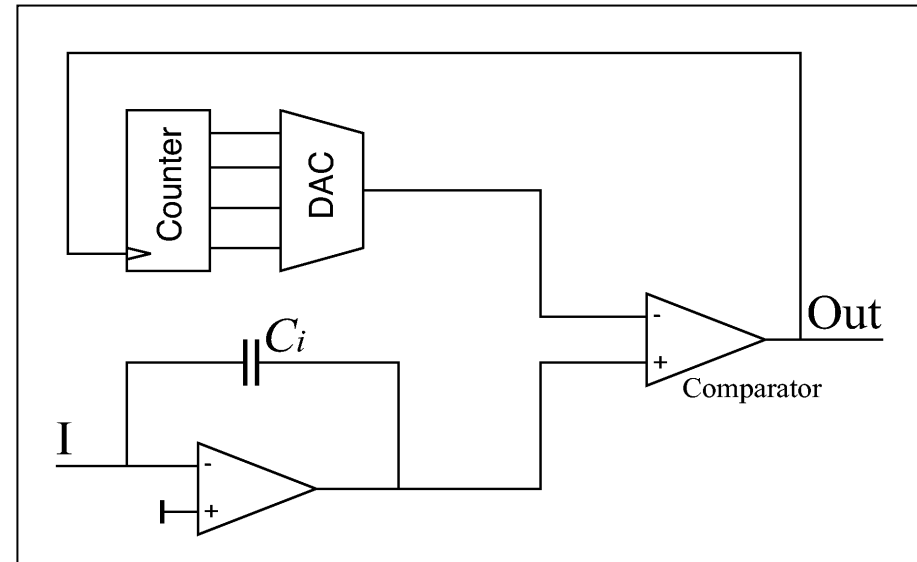
- ASIC kann auch geringe Ströme bis zu 100fA hinab messen !
- Keine Erfahrung z.Z. mit Stromteilern und Eingangsschutzschaltungen am Eingangsbereich, um z.B. den Strommessbereich zu erhöhen und das IC zu schützen
- Auch hier gilt: Kabellängen zwischen Profilvergitter und Analogeingang kurz wie möglich halten (Kabelkapazität/Rauschverhalten) !
- Leider nicht strahlungsfest ausgelegt
- Vorteil: Es werden echte Ströme gemessen, digitale Integration
- Da jeder QFW-Chip 4 Kanäle bzw. Drähte messen kann, könnten auf einer Europakarte mindestens 4 QFW-ASICs platziert werden.
 - ⇒ d.h. 16 Analogeingänge/Europakarte
- Eventuell bietet sich auch ein „bonding on board“-Layout an. Dadurch könnten bis zu vier weitere QFW-ASICs Platz auf einer Europakarte finden, d.h. 32 Analogkanäle/Karte
 - ⇒ Nachteile: NICHT REPARATURFREUNDLICH !
ZUFÜHRUNG DER DRAHTSTRÖME AUF VG-Leiste/LP ?

QFW-ASIC Funktionsweise

Funktionsschema des QF-Konverterkerns

(hier mit einem 4-bit DAC)

- Ein Kanal enthält zwei QFC-Kerne
- Eingangsladung wird aufintegriert und erster Kern ist aktiv
- Komparator vergleicht mit Schwellenwert vom DAC
- Wird die Schwellenspannung überschritten, erhöht sich der Zähler um einen Zählwert (LSB-Wert)
- Bei Überlauf wird der zweite Kern aktiviert und der erste gelöscht
- Die notwendige Ladung um eine Erhöhung um einen LSB-Wert zu erzielen ergibt sich aus $Q = U_{\text{LSB}} \cdot C_i$
- Die Ausgangsfrequenz steigt linear mit dem Eingangsstrom; $f = I / Q$



QFW-Modul – Abschattung – Teil 1

- Profilvermessungen sind nicht zerstörungsfrei – d.h. ein Teil des Strahls fließt als Strom über die PG-Drähte ab.

Folgende Berechnung soll dieses verdeutlichen:

Annahme:	2x16 Drähte	
Messbereich:	10 $\mu\text{A/V}$	\Rightarrow 10V entspricht 100 μA
Drahtabstände:	1,5 mm	
Drahtdurchmesser:	0,1 mm	
Strahlstrom:	100 μA	

Aufgrund von Drahtabstand und –durchmesser ergibt sich eine Abschattung von 7,5%

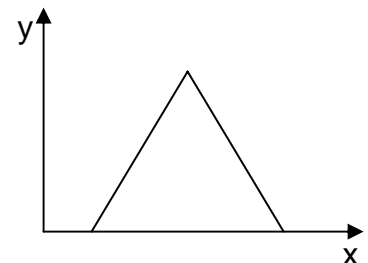
\Rightarrow Gesamtstrom: 7,5 μA

\Rightarrow Bei 32 Drähten
234 nA/Draht



Dreiecksverteilung kommt der Realität aber näher

\Rightarrow 468 nA/Draht (max.)

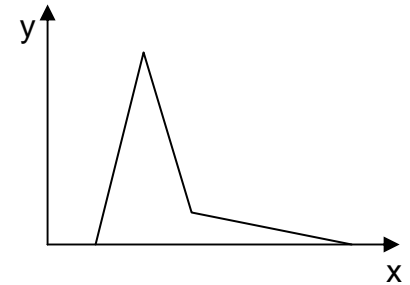


QFW-Modul – Abschattung – Teil 2

⇒ Bisherige Berechnung gilt nur unter optimalen Bedingungen
Weitere Berechnung soll dieses verdeutlichen:

Annahme: Strahl trifft nur 4 Drähte

Gesamtstrom der Drähte beträgt insgesamt $260 \mu\text{A}$



⇒ Bei 7% Abschattung kann dann lediglich ein $3,7\text{mA}$ großer Strahlstrom gemessen werden

Bedenke: Design-Strom beträgt im HSI-Bereich des UNILAC **16mA** !

⇒ Vorschlag: Stromteiler 1:10 würde **37mA** möglich machen

⇒ **MUSS UNTERSUCHT WERDEN !!**

QFW-Modul bei Profilhitterschutz

- Annahmen: Profilhitterschutz ist aktiviert und die Pulslänge auf 100 μs oder 200 μs limitiert (PG-Schutz-Betrieb!)
Jeder Messkanal hat 100 Bildpunkte am Monitor zur Verfügung

⇒ Pulslänge: 100 μs / 100 counts
Auflösung am Display: 1 % / 1 count
Messfrequenz: 1MHz min.!

⇒ Im Diagramm des QFW nachgeschaut: 250nA / 100 counts
2,5nA / 1 count

Es ist jedoch gewünscht, einen kleineren Strom messen zu können – siehe Messung P. Strehl mit I/U-Konv. ⇒ 500 pA in 100 μs (0.5 % Vollausschlag) noch auflösbar !
(Man beachte die feste Integrationszeit von 500us !)

⇒ Auf feste Verkürzung verzichten und nur die dynamische wirken lassen.
Die Integrationszeit ist dann besser an die Strahlintensität angepasst und kleinere Ströme messbar.

Noch zu klärende Fragen

- Stromteiler vor dem Analog-Eingang möglich ? (*QFW*)
- Eingangsschutz (z.B. durch Transildioden) vor dem Analog-Eingang möglich ? (*QFW*)
 - ⇒ Werden Leistungsparameter verändert ?
Wird der QFW beschädigt/zerstört?
- Die minimale Auslesezeit ("gate time period) der internen 16-bit-Zähler beträgt lt. Datenblatt 100 μ s, max. 1ms
 - ⇒ Was ist der begrenzende Faktor ? (*QFW*)
- Welche Drahtströme sind in den neuen Anlagenbereichen zu erwarten ? (*Allgemein*)
- Können Abstriche bei den Leistungsanforderungen gemacht werden ? (*Allgemein*)
- Welche zusätzlichen Wünsche gibt es, z.B. aus dem Operating ?
 - Geringere Integrationszeiten 5 und 10 μ s z.B.

Nächste Schritte

- Festlegung welches Messsystem eingesetzt werden soll
- Welche Anzahl von PG-Einrichtungen wird benötigt
- Analogkarte mit OPA111-Ersatz (AD795) vorhanden (Prototyp, noch nicht im Betrieb erprobt)
- Inbetriebnahme des QFW-Moduls und Konfiguration mittels Mikrokontroller durch Christoph Winterholler
- Weitere Experimente mit diesem Modul geplant (z.B. mit einem 1:10 Stromteiler)



Vielen Dank



an

Hannes

Rainer

Robert

Christoph

ENDE



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**