

Zusammenfassung

Schaltungsaufteilung

Bolometervermessung

Bolometer-Elektronik

Signalverarbeitung

Rauschen

D.E.Groening

Entkopplung

Digitalisierung

IPP III/64

Januar 1981

Fernsteuerung

ratur



MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK

8046 GARCHING BEI MÜNCHEN

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK
GARCHING BEI MÜNCHEN

Bolometer-Elektronik

D.E.Groening

IPP III/64

Januar 1981

Die nachstehende Arbeit wurde im Rahmen des Vertrages zwischen dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik und der Europäischen Atomgemeinschaft über die Zusammenarbeit auf dem Gebiete der Plasmaphysik durchgeführt.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abstract	
1. Zusammenfassung	1
2. Schaltungsaufteilung	2
3. Bolometerversorgung	2
4. Signalverarbeitung	3
4.1 Rauschen	3
5. Entkopplung	4
6. Digitalisierung	5
7. Fernsteuerung	5
Literatur	6

Januar 1981

Abstract

High quality is required to the electronic which works with bolometer made of metal for measuring the radiation power in plasmaphysical experiments. If the bandwidth is to be 1 kHz, and the time constant of the bolometer is about 160 ms by high overall gain the critical parameters are the noise of the amplifier, pick up to the system, stability and decoupling of common mode signals. The high overall gain is necessary to be able to measure lowest radiation power. The design made is a good approach to the desired property.

1. Zusammenfassung

An eine Elektronik zum Betrieb von Metallbolometern für die Messung der Strahlungsleistung in plasmaphysikalischen Experimenten werden hohe Anforderungen gestellt. Soll eine Grenzfrequenz von 1 kHz erreicht werden, bei einer Zeitkonstante des Bolometers von 160 ms, dann sind die kritischen Werte bei hoher Gesamtverstärkung das Rauschen des Verstärkers, Fremdspannungseinkopplung (Brumm), Stabilität und Entkopplung von Gleichtaktsignalen. Die hohe Verstärkung ist notwendig, um noch kleinste Strahlungsleistung nachzuweisen. Die ausgeführte Schaltung stellt einen guten Kompromiß zwischen diesen gewünschten Eigenschaften dar.

2. Schaltungsaufteilung

Die gesamte Elektronik läßt sich in 5 Teile aufteilen (siehe Blockschaltbild Fig. 5). Der erste Teil enthält die Bolometerversorgung, der zweite Teil die Signalverarbeitung, der dritte Teil die Entkopplung, der vierte Teil die Digitalisierung und Computerverarbeitung und der fünfte Teil die Fernsteuerung. Diese ist notwendig, da zwischen Rechner und Elektronik - die nahe dem Meßort stehen soll - größere Entfernungen liegen.

3. Bolometerversorgung

Nach einigen Vorversuchen hat sich für unsere Anforderungen eine Vollbrückenschaltung mit zwei Festwiderständen und einem Meß- und Referenzbolometer als die beste Lösung herausgestellt. In dieser Betriebsweise werden ans Plasma möglichst am gleichen Ort und mit identischer Geometrie zwei Bolometer gebracht, von denen eines Strahlung sieht und das zweite abgedeckt ist. Genauere Einzelheiten sind in 1 nachzulesen. Der Anschluß der Bolometer geschieht in hochverdrillter Vierleitertechnik, da die Fühler in zeitlich sich ändernden Magnetfeldern bis 4 T sitzen. Das stellt an das Leitersystem und die Vakuumdurchführungen hohe Anforderungen, um die Fremdspannungsentkopplung (pick up) gering zu halten. Die Brücke besteht aus den beiden Bolometern und den beiden Festwiderständen. Zusätzlich sind noch Shuntwiderstände zur Strommessung und ein Helipot zur groben Symmetrierung von Hand vorgesehen. Der Feinabgleich wird automatisch gemacht, indem der Strom im Referenzzweig durch einen Fehlerverstärker geringfügig variiert wird. Außerdem wird der Strom durch das Meßbolometer gemessen und damit die Linearisierung der Brücke durch die ratiometrische Messung möglich. Ferner ist durch fernsteuerbares sinnvolles Umschalten von den Bolometern

auf Festwiderstände der exakte Bolometerwiderstand errechenbar und damit ist eine exakte Nachkalibrierung beinhaltet. Die Spannungsquelle, die die Vollbrücke versorgt, ist im Verhältnis 1 zu 10 umschaltbar. Da die Brückenspannung fernsteuerbar ist, kann die dem Bolometer zugeführte elektrische Leistung schlagartig verändert werden. Dies ist erforderlich, um eine dynamische Eichung der Bolometer vornehmen zu können. Der Fehlerverstärker muß natürlich mit umgeschaltet werden.

4. Signalverarbeitung

Von dem Vierleitersystem werden die Fühler - (Sense) Leitungen sowohl auf einen echten Differenz-Subtrahierer gegeben (P-Signal), als auch auf einen echten Differenz-Differenzierer (D-Signal). Die Aufteilung in zwei Pfade stellt zwar einen größeren Aufwand dar, bringt aber, wie später noch gezeigt wird, einen wesentlichen Vorteil. Der Subtrahierer ist als umschaltbarer Verstärker ausgeführt, dem Differenzierer ist ein umschaltbarer Verstärker nachgeschaltet. Die Verstärkungen werden fernsteuerbar eingestellt von 1 bis 100 in der 1, 2,5 Sequenz. Besonderes Augenmerk ist auf den Gleichlauf der Verstärkung gelegt. Das dritte Signal, das übertragen wird, und als Monitor (M-Signal) bezeichnet wird, ist der Spannungsabfall am Shuntwiderstand des Meßkreises, der ein Maß für den Bolometerstrom darstellt.

4.1 Rauschen

Es wurde verglichen das Rauschspektrum eines Differenzverstärkers mit nachgeschaltetem Differenzierer (Bild 1) mit dem Rauschspektrum von zwei Differenzierern mit nachgeschal-

tetem Differenzverstärker bei identischen Operationsverstärkern (Bild 2). Die dazugehörigen Rauschspektren zeigen Bild 3 und 4. Man erkennt deutlich, daß in der Schaltung nach Bild 2 das Rauschen um ca. 20 dB niedriger ist. Dies rechtfertigt den höheren Aufwand.

5. Entkopplung

Als Entkopplung wurde die Spannungs-Frequenz-Umsetzung mit nachgeschaltetem digitalen Opto-Koppler gewählt. Dieses Verfahren ermöglicht bei geringem Aufwand eine hohe Gleichtaktunterdrückung und eine galvanische Trennung von Meßkreis und Datenerfassung im Rechner. Damit werden Erdschleifen und Einkopplungen durch verschiedene Potentiale vermieden. Die Auflösung geht über 5 Dekaden und die maximale Frequenz ist 1 MHz, während die Mittenfrequenz 500 kHz beträgt. In diesem Frequenzbereich sind die Störungen von der Energieversorgungsseite (Thyristorkommutierungsspiques) nicht mehr so energiereich, so daß die Kabelverlegung von hier ab unproblematisch ist. Der mechanische Aufbau trägt den guten Entkopplungseigenschaften Rechnung, und deshalb ist das Gehäuse aus weichmagnetischem Eisen, um magnetische Einstreuungen klein zu halten. Das Gehäuse ist zweigeteilt, so daß sich für den hochliegenden Eingangsteil und für den tiefliegenden Ausgangsteil jeweils ein Faraday'scher Käfig ergeben. Die Signalübertragung geschieht nur über Opto-Koppler. Um die ganze Elektronik herum ist dann als Schirm und Berührungsschutz noch ein geerdetes genormtes NIM-Aluminiumgehäuse.

6. Digitalisierung

Für die Rechnerverarbeitung ist eine Digitalisierung notwendig. Da es sich bei allen drei Signalen um Frequenzen handelt, ist die Digitalisierung recht einfach durch Zählen in einem bestimmten Zeitintervall zu erreichen. Hierfür wird ein 16 bit CAMAC Latching Scaler benutzt. Durch Wahl der Taktfrequenz, mit der abgespeichert wird, ist man in der Lage, die Anzahl der bits und die Zeitauflösung zu variieren. Verändert man die Taktrate, so daß sich die bits von 8 auf 16 erhöhen, so ist die Zeitauflösung um den Faktor 256 verlängert. Gleichzeitig ist die Genauigkeit gestiegen um den gleichen Betrag. Dieses Verfahren ist sehr flexibel und ermöglicht die optimale Anpassung an das Meßproblem. Die zur Taktzeit im Zähler anstehenden Werte werden in einem CAMAC-Speicher geschrieben und können dort nach dem Ablauf des Versuchs vom Rechner ausgelesen werden. Der Taktgenerator ist ebenfalls in CAMAC ausgeführt und hat 10 frei programmierbare Taktraten.

7. Fernsteuerung

Die Fernsteuerung der Bolometer-Elektronik geschieht seriell über eine genormte RS 232 (V 24) Leitung mit einem 8 bit Telegramm. Alle Ein- und Ausgänge sind Opto-entkoppelt. Der in der Elektronik sitzende Empfänger dekodiert das Signal und gibt das empfangene Telegramm wieder an die Sendestation zurück, um die Richtigkeit der Datenübermittlung überprüfen zu können.

Besonderen Dank gebührt Herrn Dr. Müller, der den physikalischen Teil der Diagnostik betreut. Durch dessen intensive Zusammenarbeit mit der Elektronik konnte es erst zu der Lösung in der jetzigen Form kommen.

Literatur

- /1/ Design Study of Bolometric Scan Diagnostics for JET, E. R. Müller, Jan. 1980; weitere Literaturangaben in diesem Bericht.

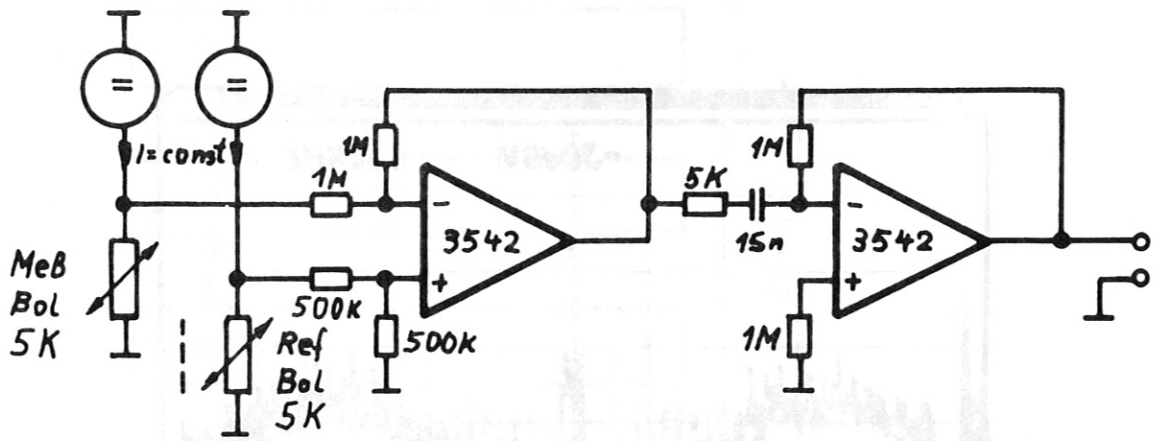


Bild 1

IPP3 GRO 002- 81

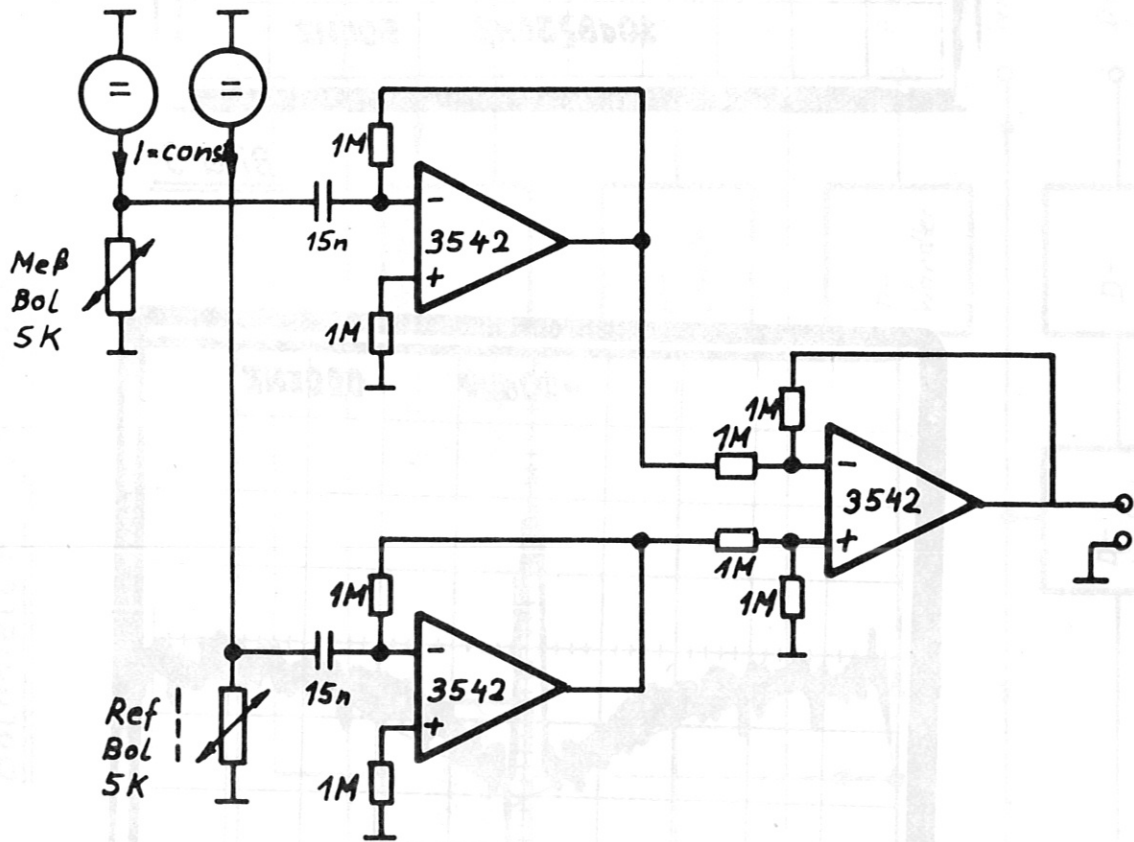


Bild 2

IPP3 GRO 003- 81

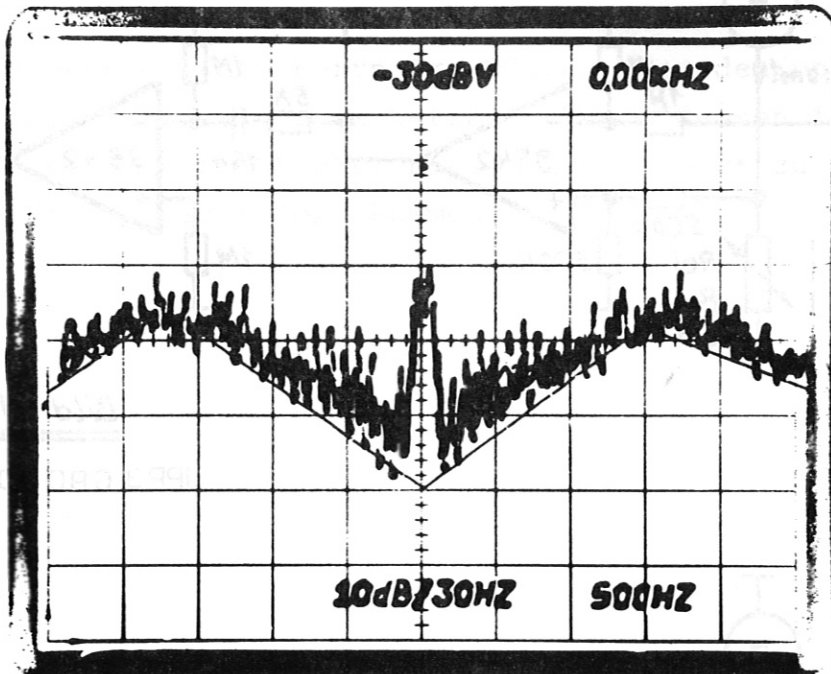


Bild 3

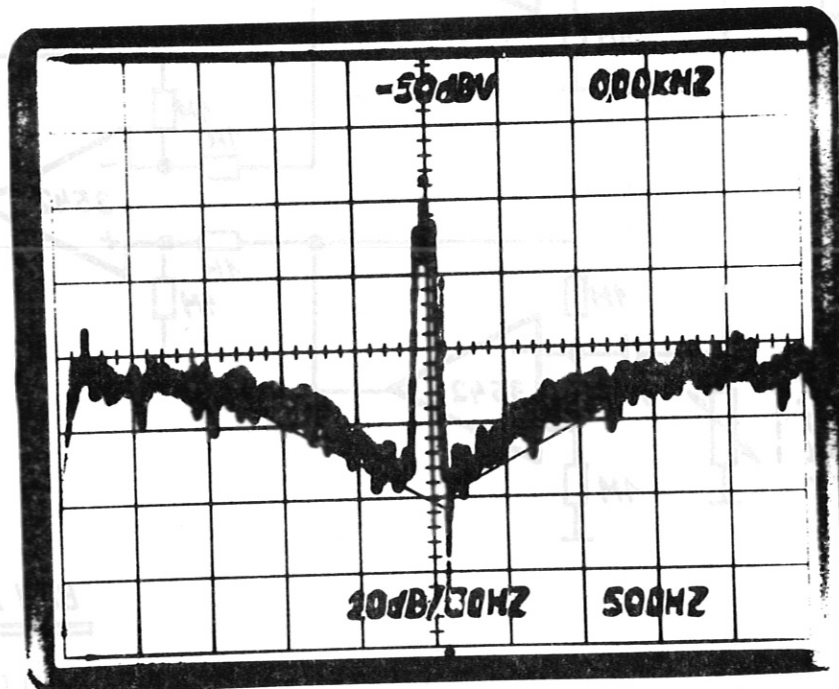


Bild 4

Bolometer Elektronik

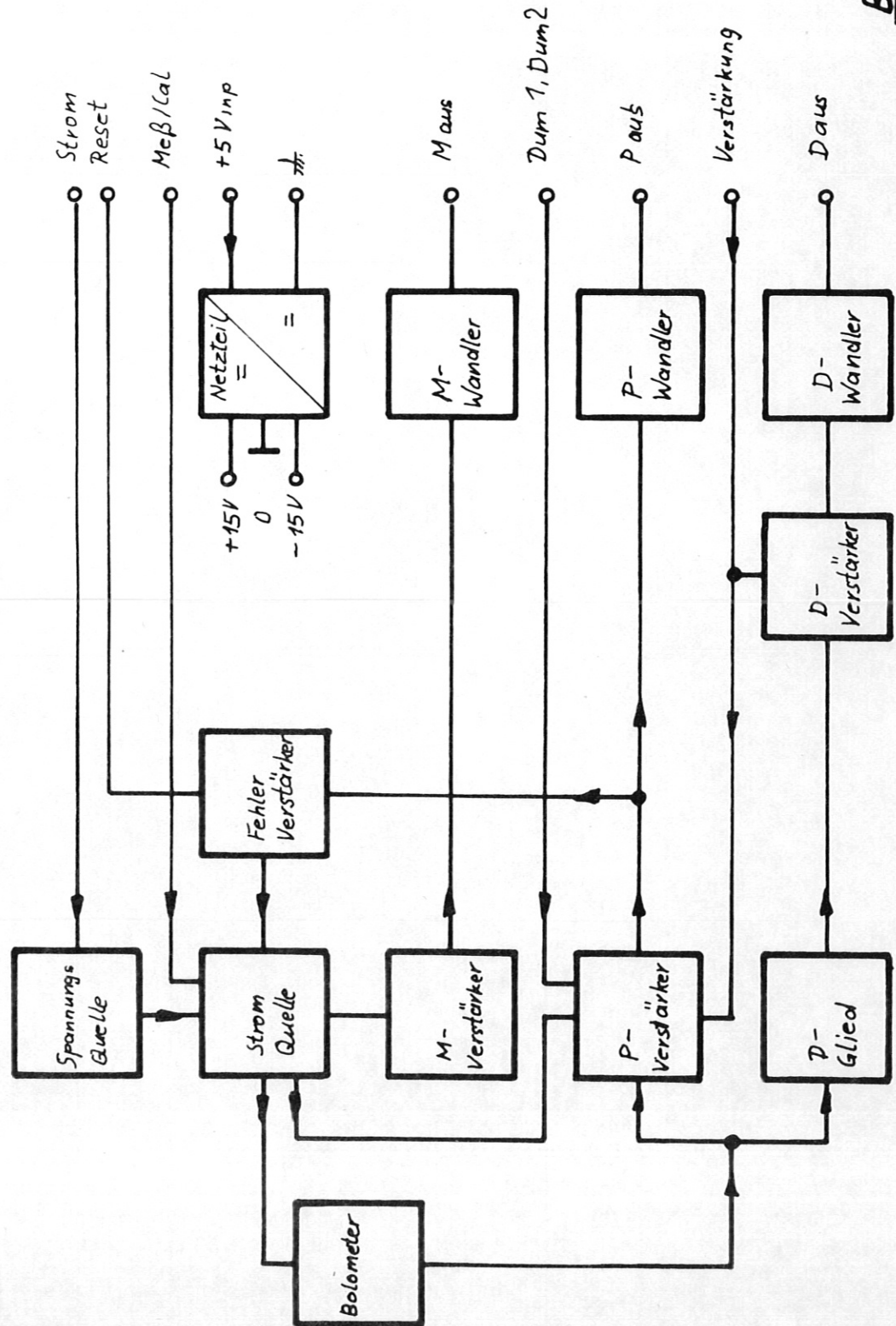
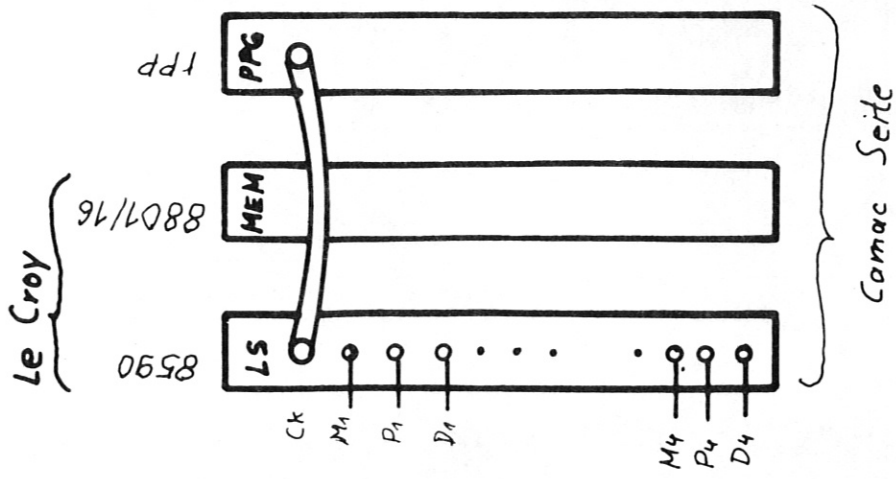


Bild 5 IPP3 GR0 001-81