

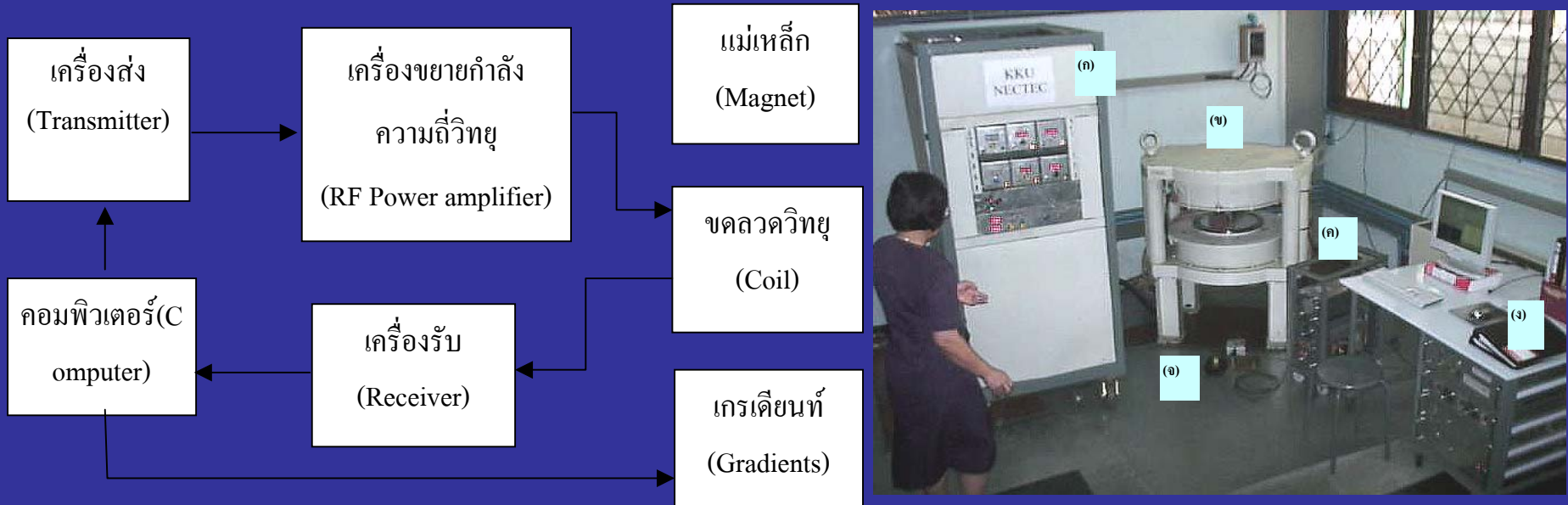
# ระบบถ่ายภาพเอ็มอาร์ไอ มข.-เนคเทค (KKU-NECTEC MRI System)

จันทร์เพ็ญ โทมัส, Ian Thomas และ ชีระศักดิ์ จันทร์วิเมลือง  
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002  
งานประชุมวิชาการประจำปี สวทช. 2548  
“วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทยสู่เศรษฐกิจยุคโมเลกุล”  
27-30 มีนาคม 2548

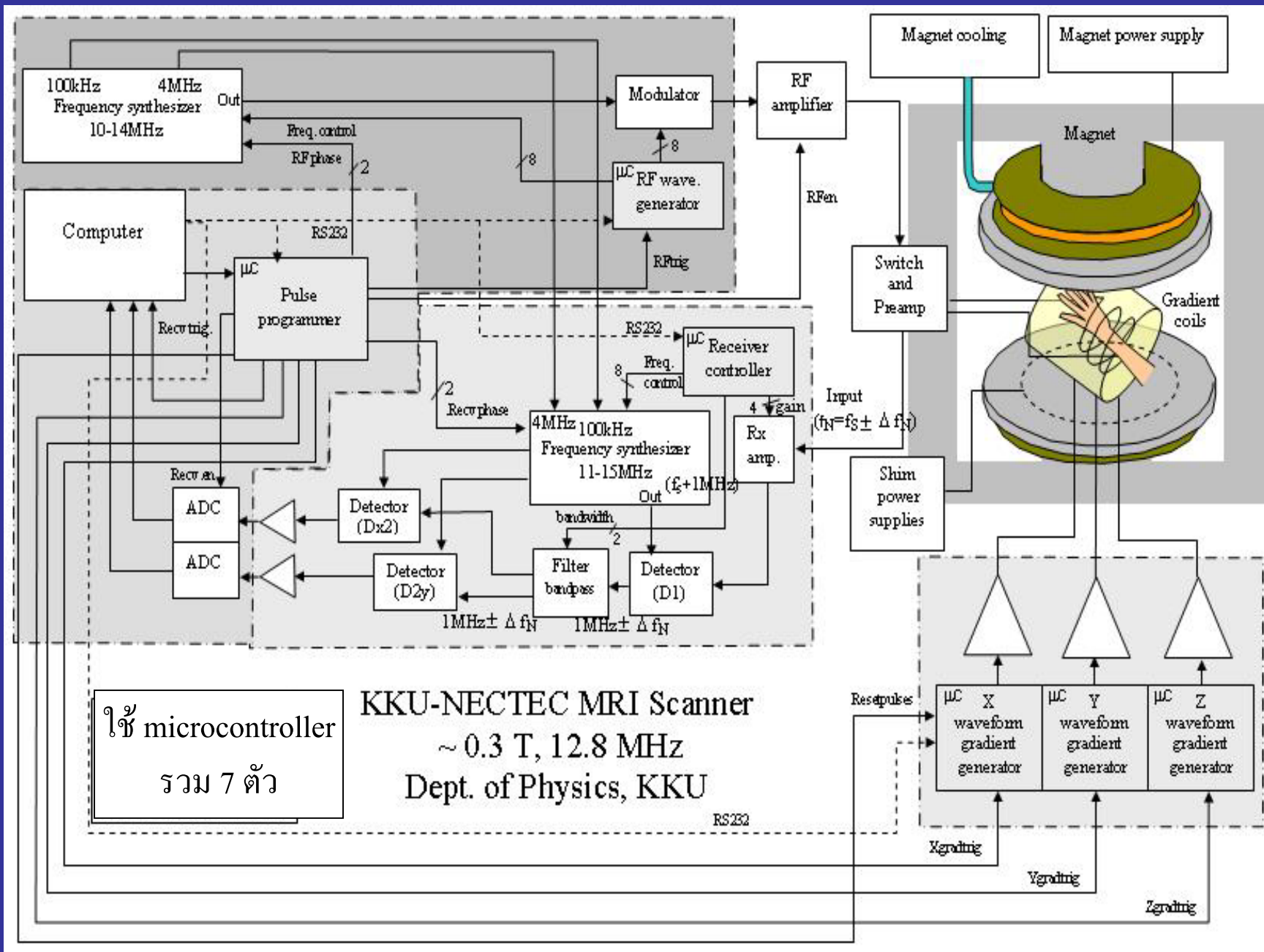
# เป้าหมาย

- สร้างเครื่องต้นแบบ MRI สนามแม่เหล็กความเข้มไม่เกิน 0.3 T ความถี่ 11-13 MHz
- รับตัวอย่างขนาดไม่เกิน 10 cm (~ 8 cm เช่น มือคน ผลไม้ สัตว์ ขนาดเล็ก)
- ความละเอียดภาพที่ถ่ายประมาณ 0.8 mm
- เน้นใช้วัสดุภายในประเทศ

# ส่วนประกอบของระบบ



- (ก) ตัวจ่ายไฟระบบแม่เหล็ก
- (ข) แม่เหล็กพร้อมชุดขดลวดต่างๆ
- (ค) RF power amplifier
- (ง) คอมพิวเตอร์ RF transmitter/receiver gradient drivers
- (จ) preamplifier

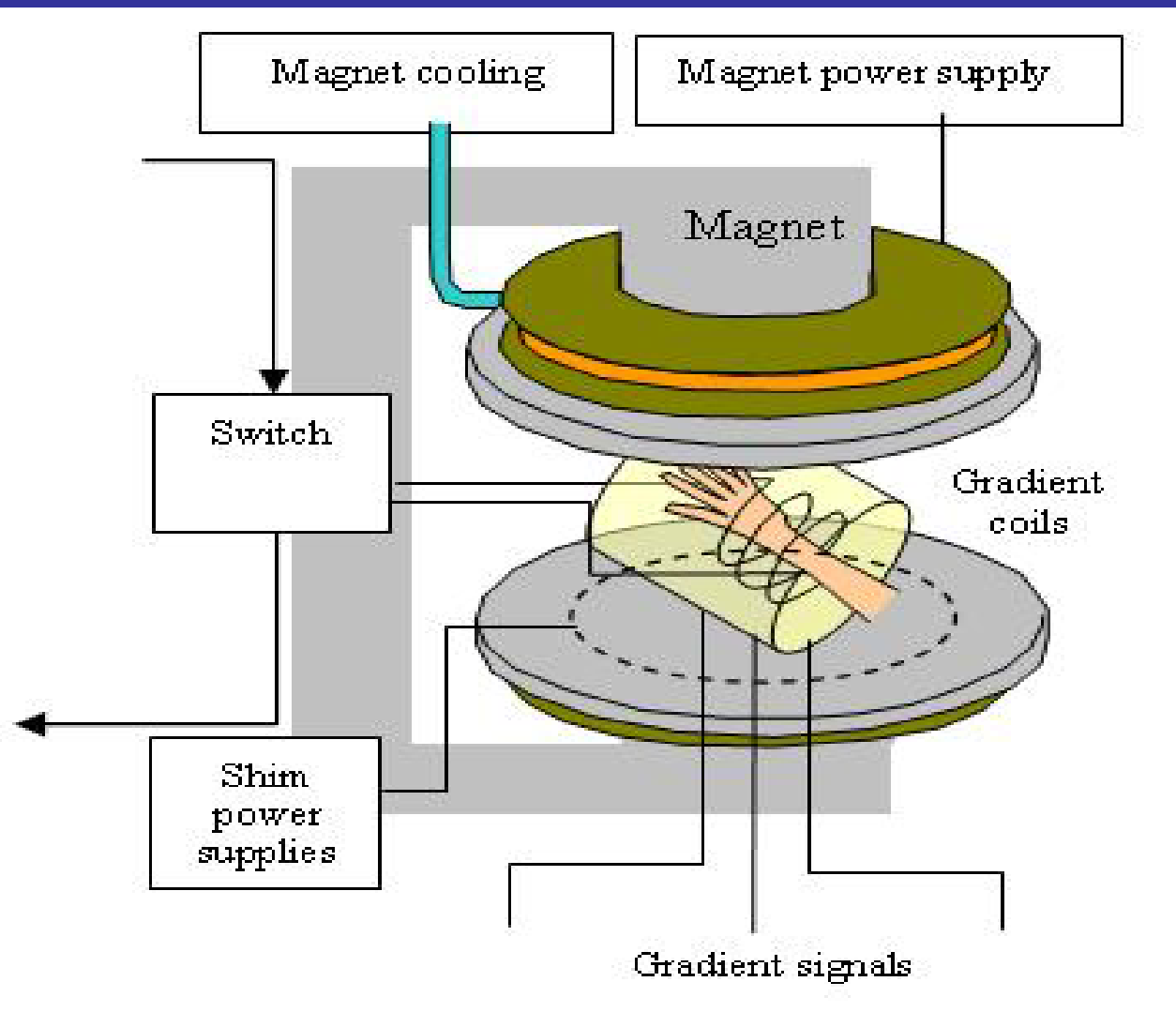


ใช้ microcontroller  
รวม 7 ตัว

KKU-NECTEC MRI Scanner  
~ 0.3 T, 12.8 MHz  
Dept. of Physics, KKU

RS232

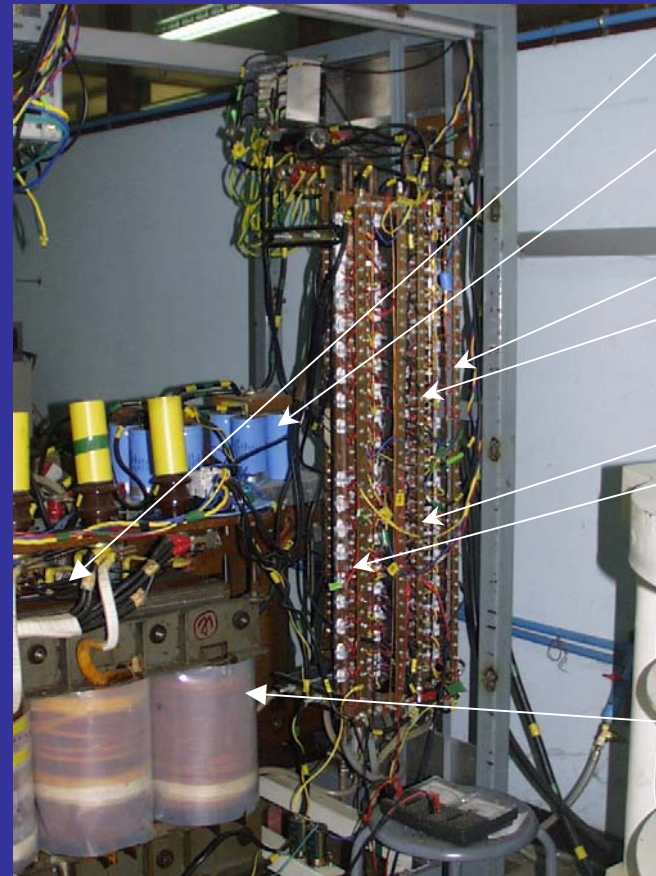
# ระบบแม่เหล็ก



# KKU-NECTEC MRI ระบบแม่เหล็ก



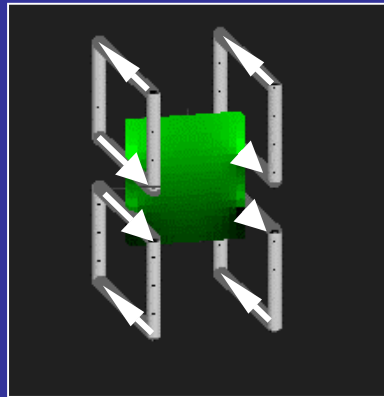
Gap 15.4cm, pole dia. 40 cm  
0.3T ที่กระแส ~60 A



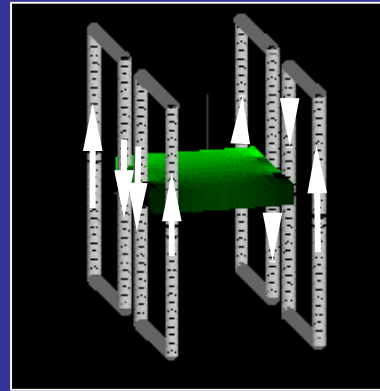
- 3 SCR 3 diodes  
rectifier
- LC ใช้ C 8 ตัว
- Voltage regulator  
1 1/2 แผง
- Current regulator  
1 1/2 แผง
- หม้อแปลง  
3 เฟส

Water cooled current regulated power  
supply จ่ายกระแสได้ถึง 100 A ที่ 145 VDC

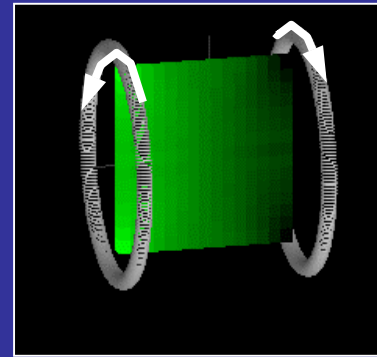
# KKU-NECTEC MRI ระบบแม่เหล็ก - ระบบ shims - active shims



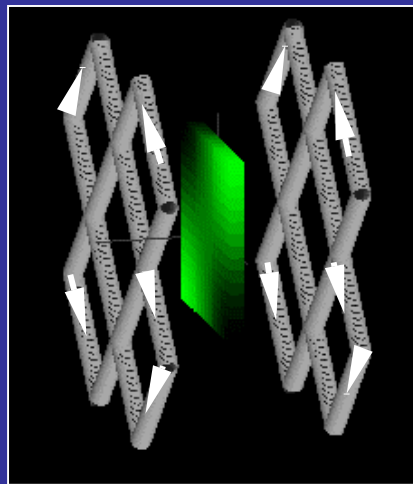
$$B_z \propto y$$



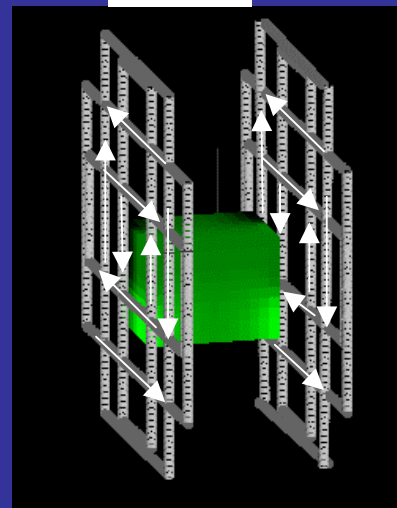
$$B_z \propto x$$



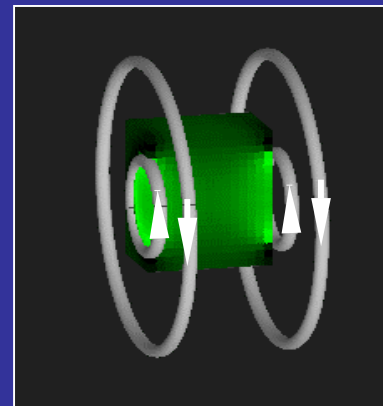
$$B_z \propto z$$



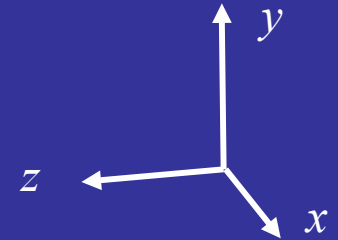
$$B_z \propto xy$$



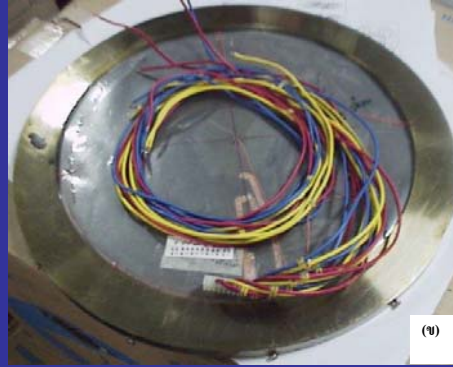
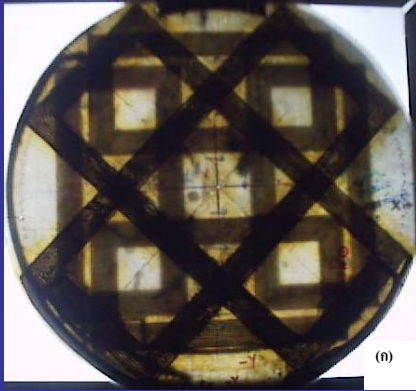
$$B_z \propto x^2 - y^2$$



$$B_z \propto 2z^2 - x^2 - y^2$$

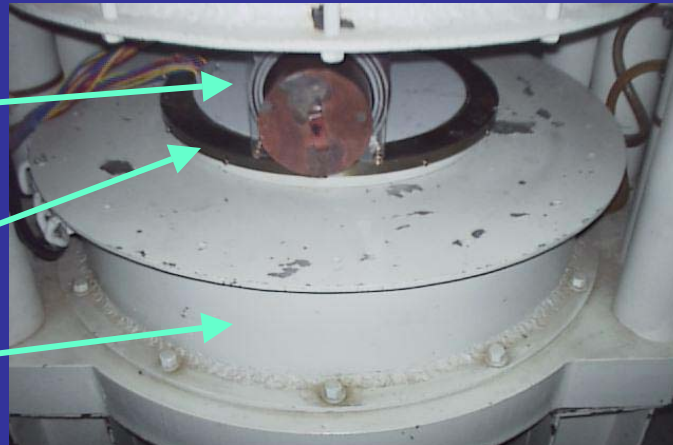


# KKU-NECTEC MRI ระบบแม่เหล็ก - ระบบ shims - passive & active



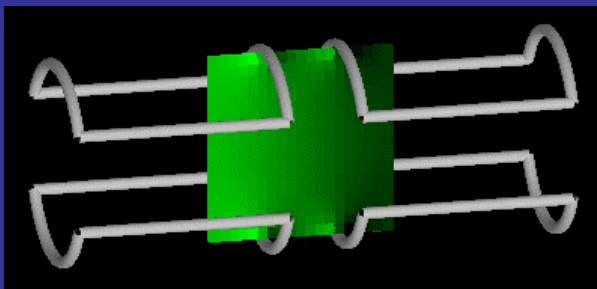
ตัวอย่างชุดขดลวด active shims 3 ชุด วางซ้อนกัน หลังประกอบ ใส่ขั้วไฟฟ้า ติดตั้งใน passive shim ติดที่ขั้วแม่เหล็ก

ขดลวด active shims  
และสายไฟเข้า  
วงแหวน passive shim  
ขดลวดแม่เหล็ก





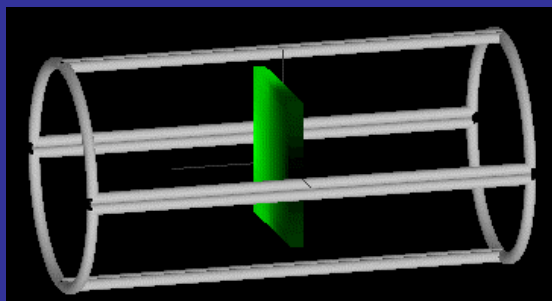
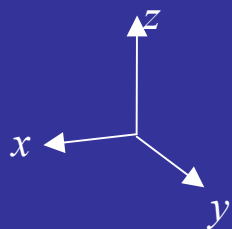
# KKU-NECTEC MRI ระบบเกรเดียนท์ - ขดลวด



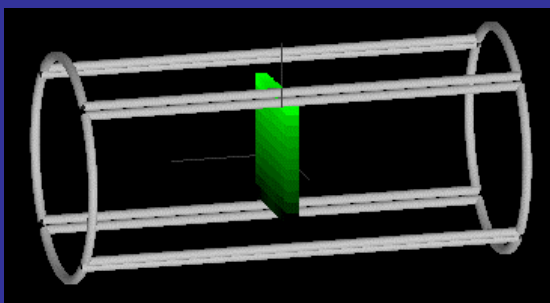
ขดลวด Golay ให้  $\partial B_z / \partial x$



ขดลวดวิทยุ ขดลวดเกรเดียนท์พันด้วยผ้า ทาด้วยวานิช โครงทอง เหลืองสำหรับใช้ประกอบเข้าชุด



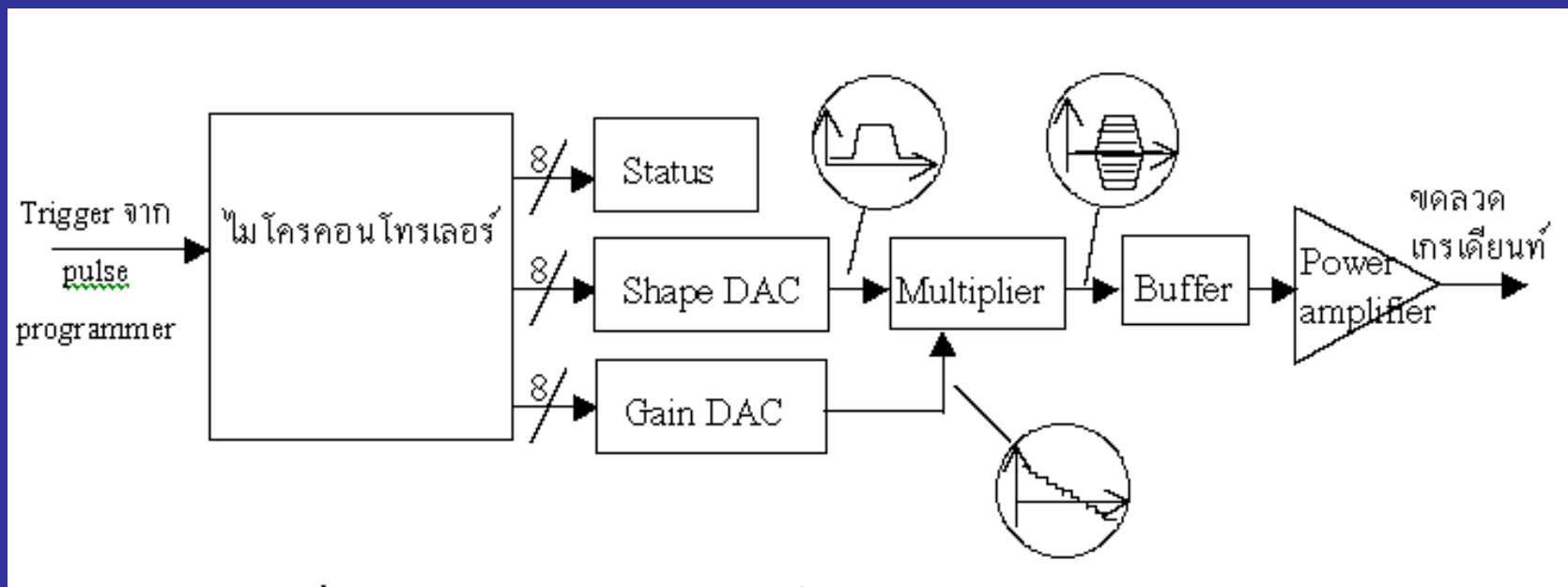
ขดลวด quadrupole ให้  $\partial B_z / \partial y$



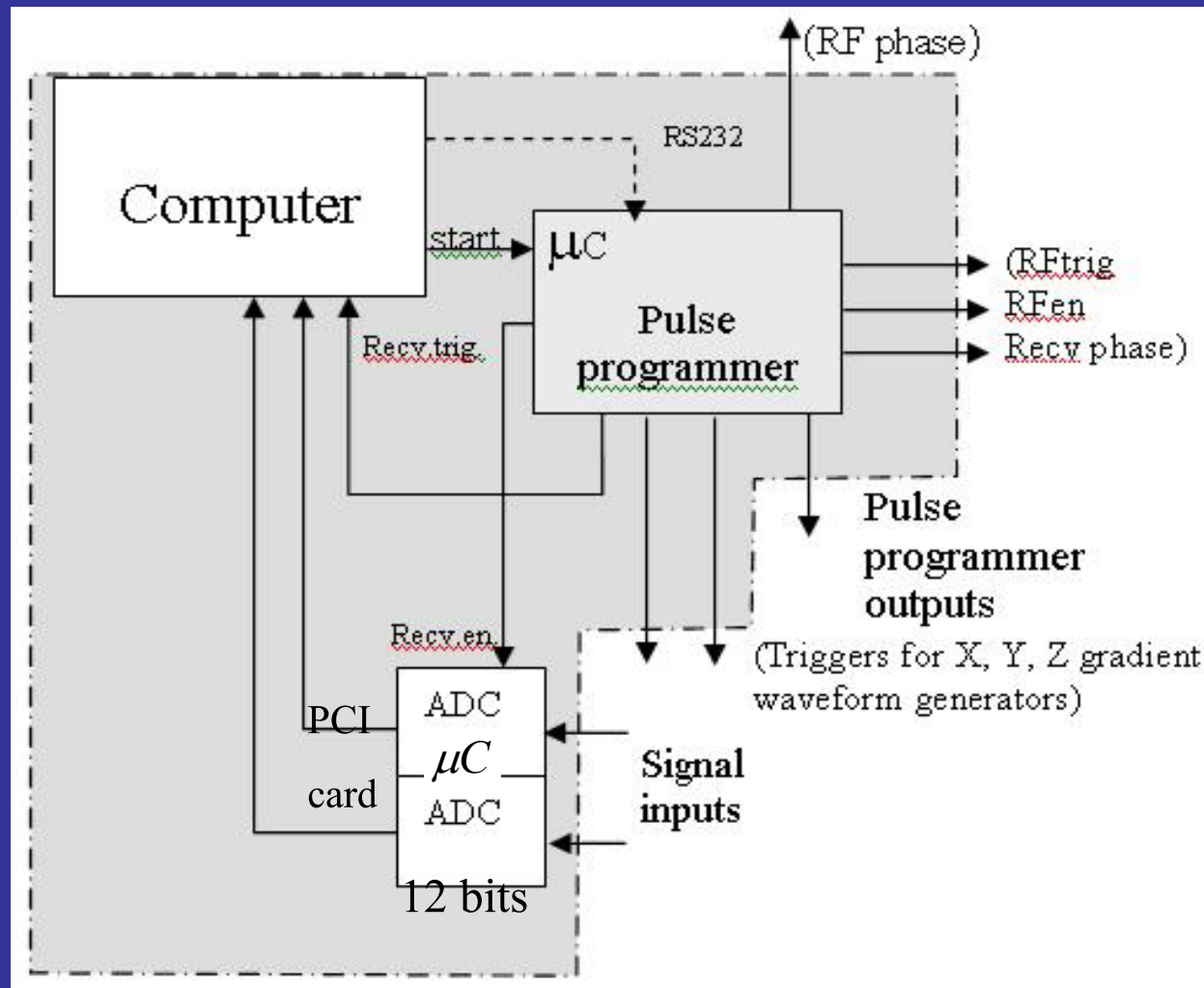
ขดลวด quadrupole ให้  $\partial B_z / \partial z$



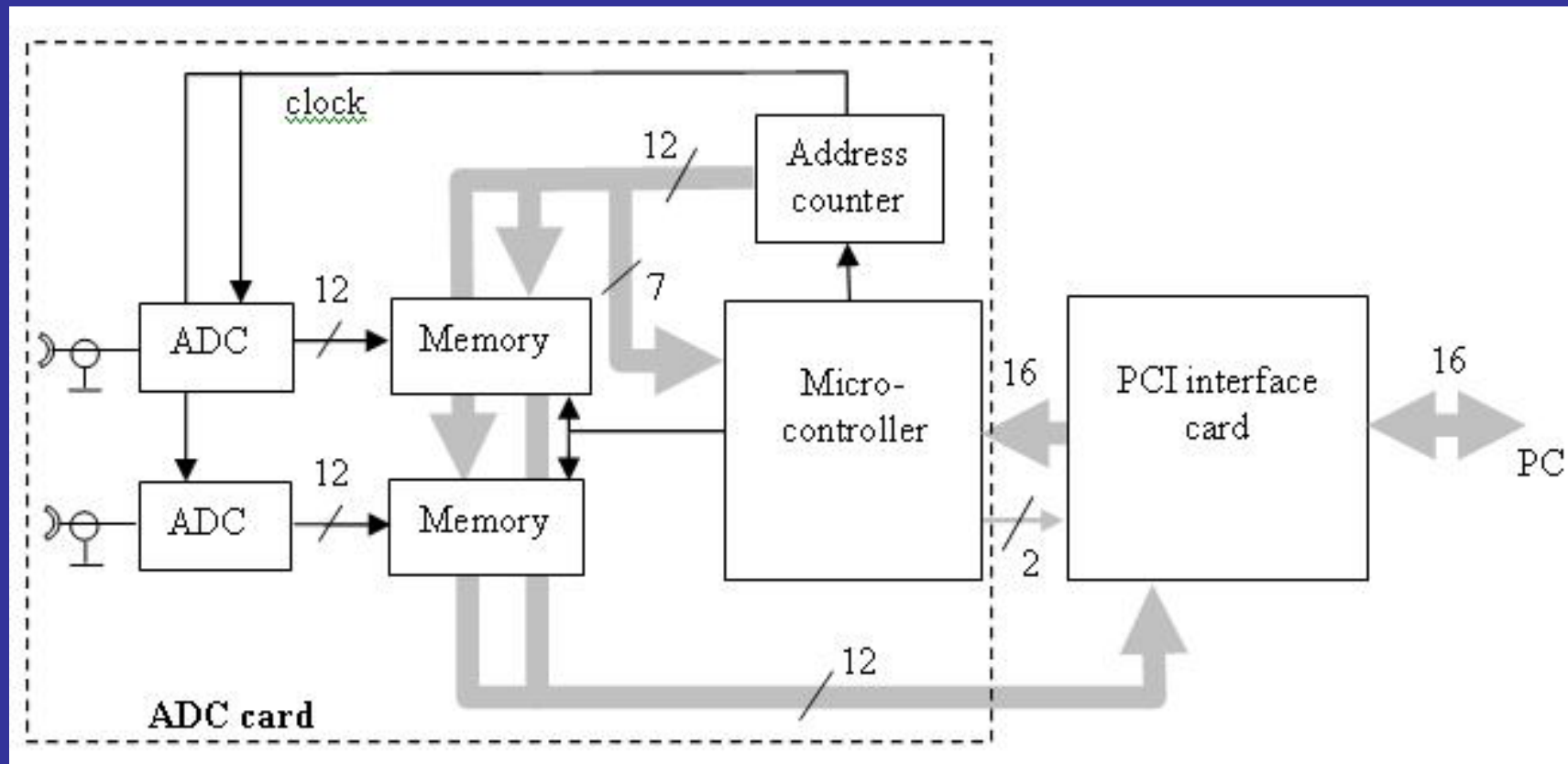
# KKU-NECTEC MRI ระบบขดลวดเกรเดียนท์ - สร้างรูปร่างพัลส์



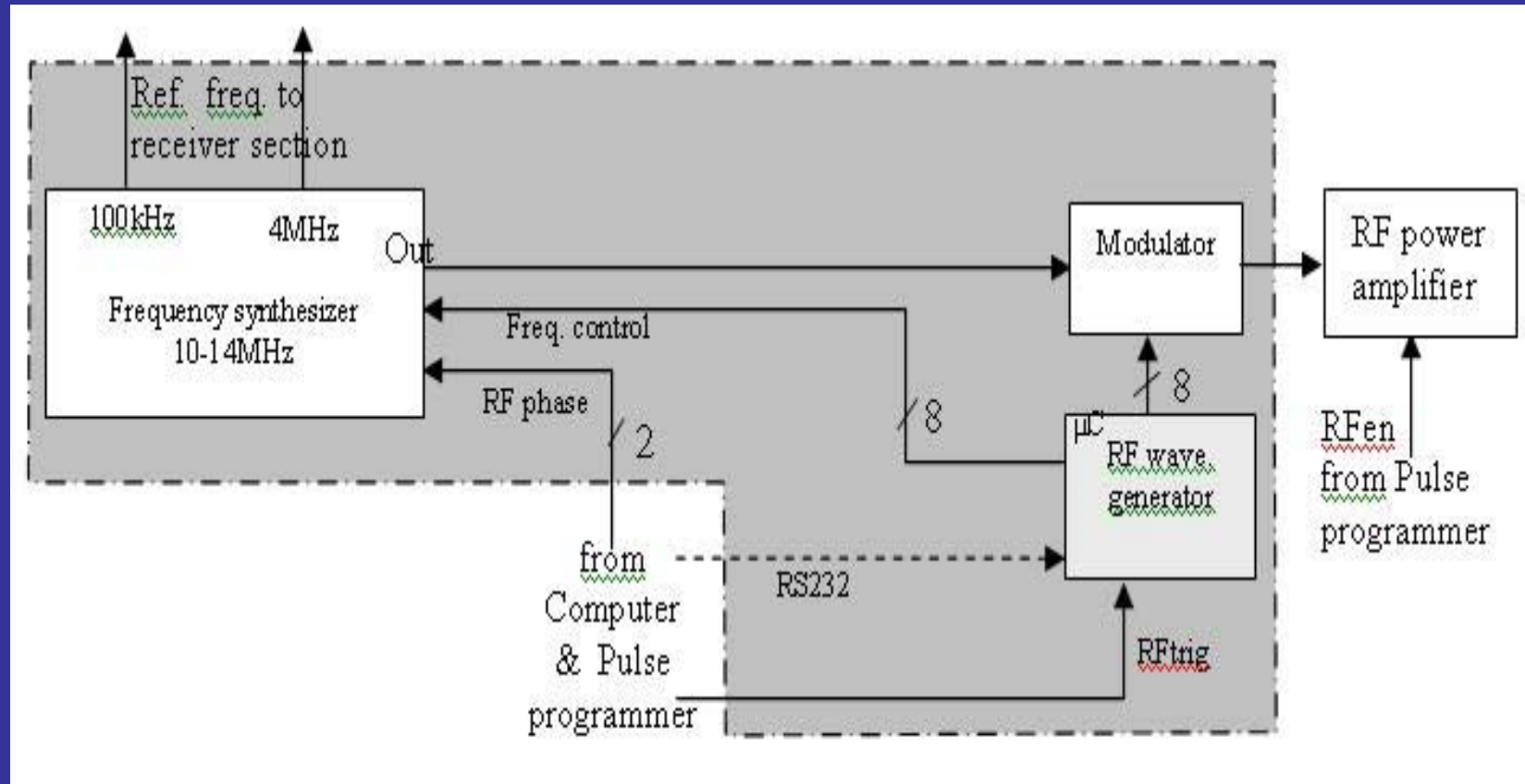
# KKU-NECTEC MRI ระบบคอมพิวเตอร์และ pulse programmer



# KKU-NECTEC MRI ระบบคอมพิวเตอร์ - data acquisition board

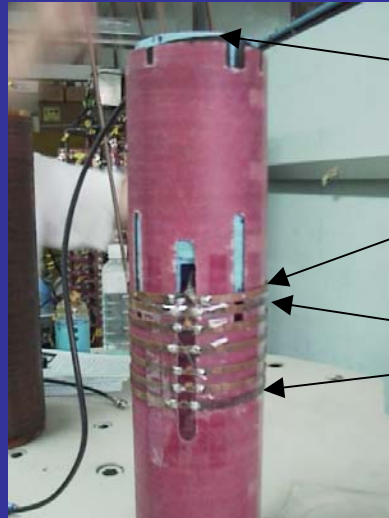


# KKU-NECTEC MRI ระบบส่งคลื่นวิทยุและ RF Power amplifier

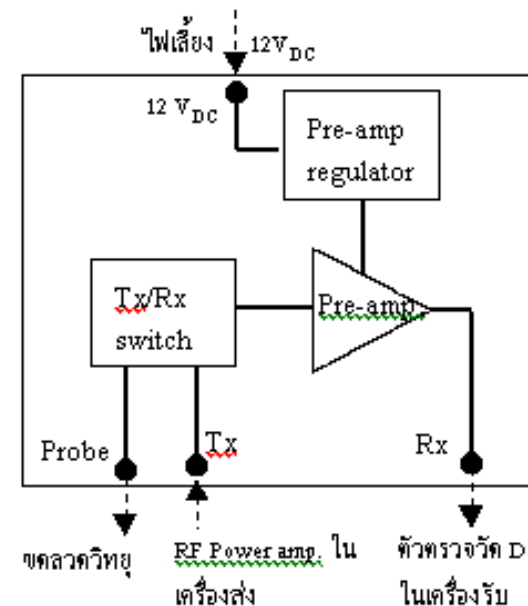
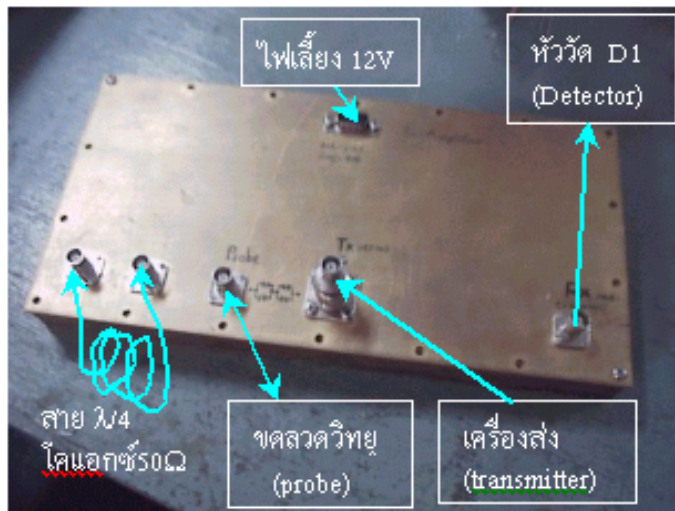
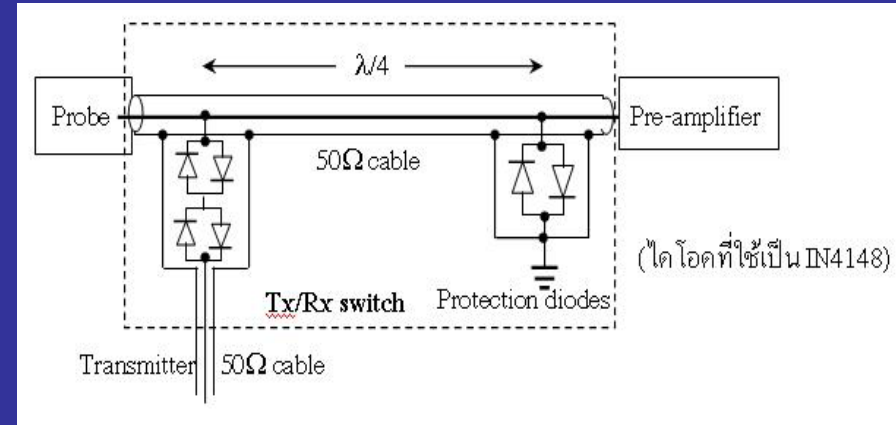


ทำงานย่านความถี่ 11-13 MHz pulse รูป square / sinc  
Power amplifier ขยายกำลังได้ ~180W

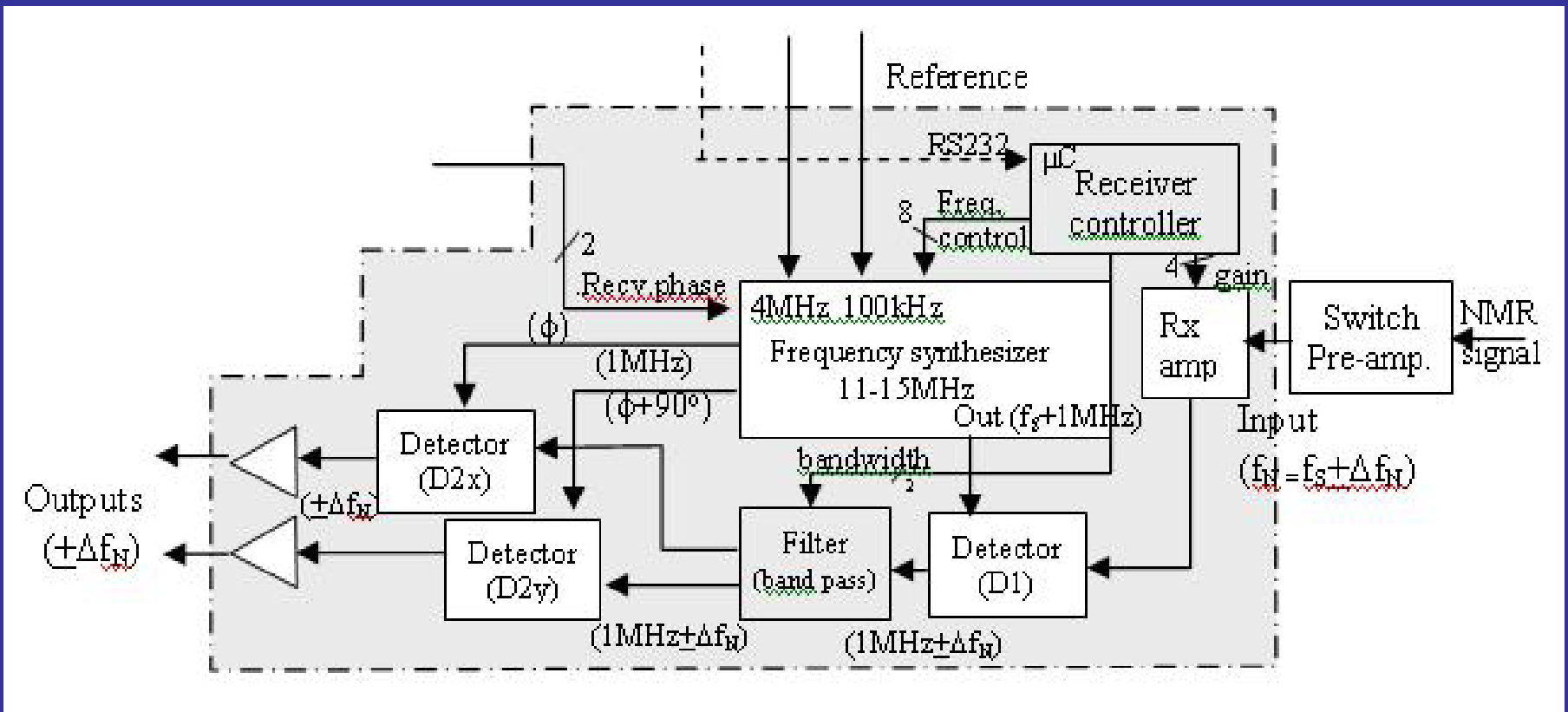
# KKU-NECTEC MRI ระบบรับสัญญาณ NMR - ขดลวดวิทยupreamplifier



ท่อจับเลื่อนขดลวด  
 เหนียวนำ - matching  
 ขดลวดเหนียวนำ รับ/ส่ง  
 สัญญาณ  
 ขดลวดกำทอน 6 วง ตัว  
 อย่างวางภายในขดชุดนี้



# KKU-NECTEC MRI ระบบเครื่องรับ



ใช้หลัก superheterodyne ความถี่ 1 MHz เป็น intermediate frequency  
รับสัญญาณจากเครื่องส่งในการสร้างสัญญาณความถี่และเฟสอ้างอิง

## KKU-NECTEC MRI โปรแกรมควบคุมและประมวลผล

- โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 รวม 7 ตัว ใช้ภาษา Assembly
- โปรแกรมควบคุมการทำงานของทั้งระบบจากคอมพิวเตอร์ และประมวลผล ใช้ภาษา Kylix ภายใต้ระบบ Mandrake Linux
- ใช้วิธี Time-tree ในการออกแบบ Pulse sequence



# KKU-NECTEC MRI ผลการทดสอบเบื้องต้น - ทดสอบรูปร่าง pulse

KKU-NECTEC MRI Scanner using sequence file /home/fan/kylix

File Scan Windows Quit

time 21710.718

Pulse program

scale mode

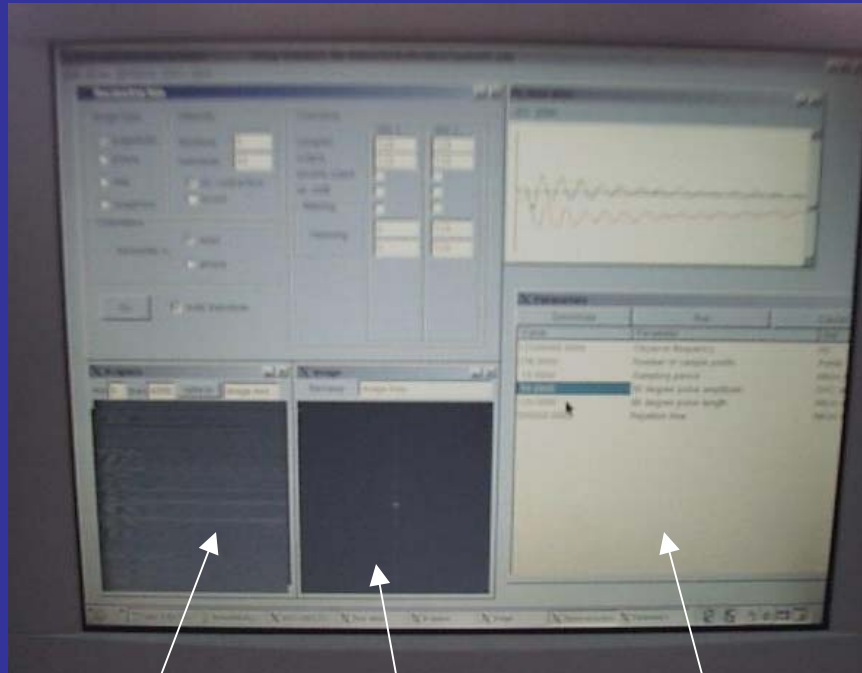
transmitter data

Parameters

Value	Parameter	Unit
12900000.0000	Observe frequency	Hz
0.0000	Offset frequency	Hz
64.0000	Number of sample	Points
4.0000	Sample period	Micro sec
64.0000	Number of averages	Times
1.0000	Number of discarded point	Points
10.0000	Slice thickness	mm
10.0000	Slice separation	mm
1.0000	Slice interleave	Slices
64.0000	Number of slices	Slices
1.0000	Number of of view	Lines
120.0000	FOV	mm
0.0000	X offset	mm
0.0000	Y offset	mm
0.0000	Z offset	mm
0.0000	Phase orientation	(0:horizontal, 1
64.0000	90 degree pulse amplitude	DAC unit



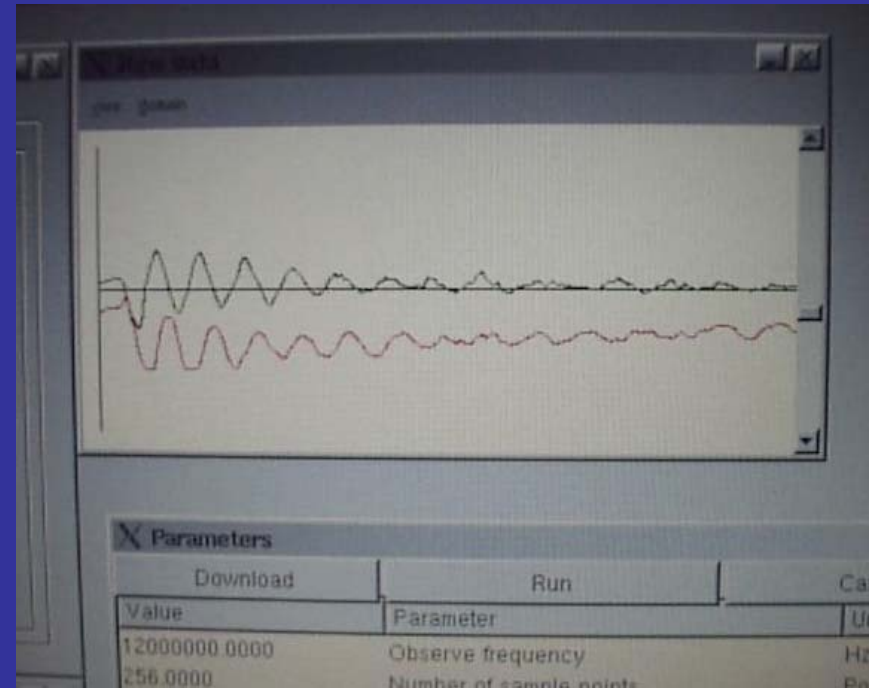
# KKU-NECTEC MRI ผลการทดสอบเบื้องต้น - รับสัญญาณ NMR



ข้อมูล  
สัญญาณ  
k-space

แสดงผล  
ภาพ

แสดงค่า  
parameters



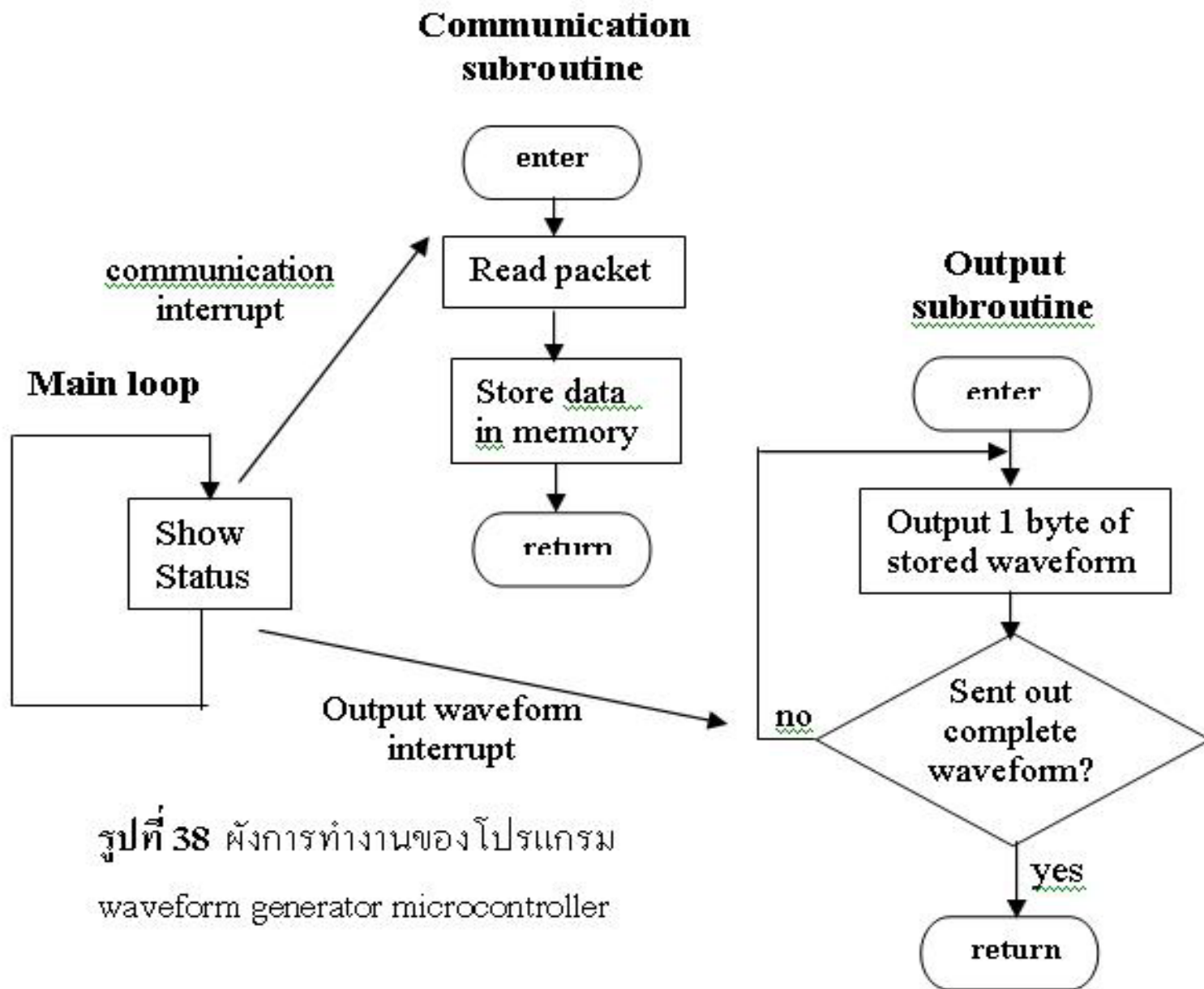
สัญญาณ NMR จาก 2  
ช่องสัญญาณ

# สรุป

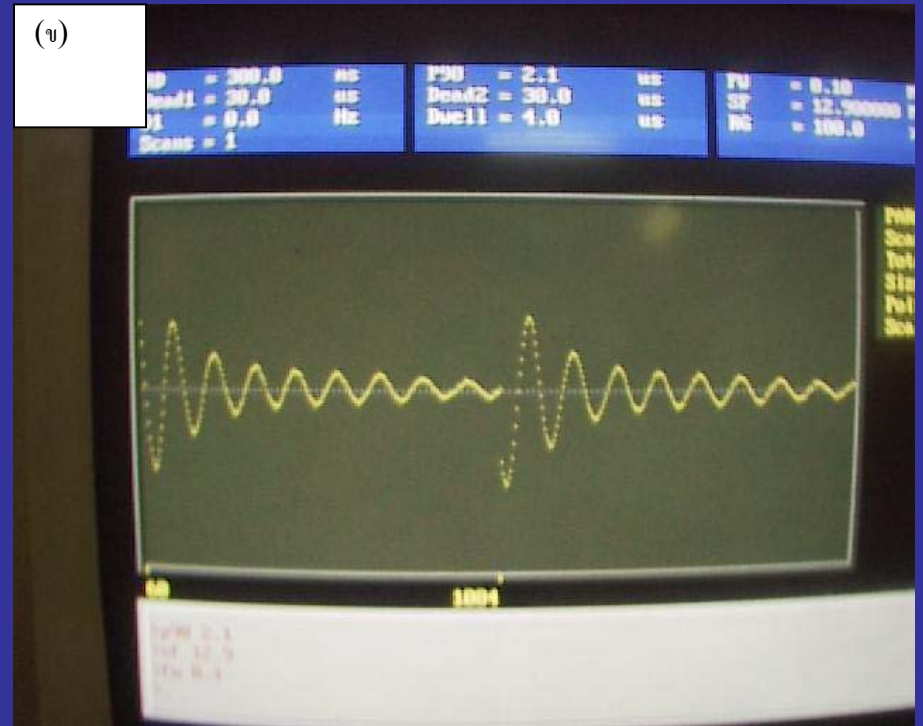
- ได้สร้างส่วนหลักทั้งหมดของระบบถ่ายภาพเอ็มอาร์ไอ มข.-เนคเทค ใช้วัสดุที่หาซื้อได้จากภายในประเทศ ~90% และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ระบบย่อยให้ทำงานอิสระได้
- อยู่ระหว่างปรับปรุงระบบระบายความเย็นแก่ขดลวดแม่เหล็ก
- อยู่ระหว่างปรับปรุงตัวจ่ายไฟแม่เหล็กให้ regulate ได้  
อัตโนมัติ
- อยู่ระหว่างทดสอบระบบเพื่อถ่ายภาพ MRI

## ขอบคุณ

- ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค)
- ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- คุณอนันต์ พิลาวุฒิ คุณนัฏฐภูมิ ศรีจันทิก และคุณชาญวุฒิ บุญสุยา



รูปที่ 38 ฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรม waveform generator microcontroller



แสดงการจัดอุปกรณ์และ (ข) สัญญาณ NMR ในการทดสอบ pre-amplifier กับเครื่อง RI NMR spectrometer ที่ความถี่ประมาณ 12.9MHz